

عجائب الفيزياء

علم وقصص

يتضمن حقائق « علم الطبيعة » في عبارة سهلة

موضحة بصور ورسوم كثيرة

هدية الى الجار المرحوم والاسير الذير
الاستاذ الدكتور محمد الراشد والي

تأليف

الحمد لله بنى أبو الخير

ليسانسيه في العلوم والتربية من مدرسة المعلمين العليا
مدرس العلوم الأول بالمدرسة السنية الثانوية

نال هذا الكتاب جائزة مالية من وزارة المعارف العمومية

في المباراة العلمية لعام ١٩٣٨ — ١٩٣٩ المدرسي

[الطبعة الأولى]

١٣٥٨ هجرية — ١٩٣٩ ميلادية

[جميع الحقوق محفوظة للمؤلف]

القاهرة

مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر

كتاب عربي
مكتبة مصر
رقم التسجيل ١٩٢٦

١٩٢٦

فهرس

صفحة

مقدمة	٥
الفصل الأول — أرشميدس	١
الروافع — قصة التاج المزغول — قاعدة أرشميدس الشهيرة	
الفصل الثاني — علماء الإسكندرية الأقدمون	٩
أرسطرخوس — إراتستين — أيرخس — بطليموس القلوذي — تسيپوس — بليرقون	
الفصل الثالث — فيزيقا العرب	١٩
ظهور الإسلام — بحوثهم في الميكانيكا — في علم الصوت — في علم الحرارة — في المغناطيسية الكهربائية	
الفصل الرابع — الحسن بن الهيثم وعلم الضوء	٢٧
تاريخه — الانعكاس والانكسار وقوانينهما وظاهرة الانعكاس الكلي — انتقال العلوم إلى أوروبا المسيحية — الفلسفة الدينية وبدء عصر النهضة	
الفصل الخامس — وليم جيلبرت	٣٩
ظاهرتا التكهرب والتقطس — مغناطيسية الأرض — النظرية العلمية	
الفصل السادس — غاليليو	٤٩
نقده آراء أرسطو — تسرعة الأجسام الساقطة — كمية التحرك — البندول — المنظار — الكشف الفلكية — اختلافه مع الكنيسة — وفاته	
الفصل السابع — البارومتر	٦٤
ضغط الصلب وضغط السائل — ضغط الهواء — تجربة تورشيلي — قياس الضغط الجوي — الفراغ والضوء والضوء	
الفصل الثامن — مفرغة الهواء	٧٤
أوتوفون جيريك ومحاولاته — تجارب بويل — مفرغة جيريك	

الفصل التاسع — نيوتن ٨٢

حياته المدرسية — حياته الجامعية — التفاحة والجاذبية وقانون التربيع العكسي —
عودته إلى الجامعة — ذهوله ونسيانه — البرنسيبيا — نيابته ثم توظيفه — بحوثه
في الضوء — النظرية الموجية — نظرية الدقائق — الكفاح بين النظريتين —
المنظار العاكس — مرضه ومماته

الفصل العاشر — مخترع الآلة البخارية ١٠٤

مضخة باين — محاولات باين — قدر باين — مضخة هيجنز — الأسطوانة البخارية —
آلة ذات المرجل — آلة نيوكمن البخارية — جيمس وات

الفصل الحادي عشر — الشرر الكهربائي ١١٤

الصلة بين الكهربائية والمغناطيسية — مواد تتكهرب — التوصيل الكهربائي —
آلات الكهربائية — زجاجة ليد — بنيامين فرنكاين — كشفه تأثير الأسنة —
البرق شرارة كهربائية — نوع كهربائية السحب وممانعة الصواعق

الفصل الثاني عشر — التيار الكهربائي ١٢٦

السيال الكهربائي عديم الوزن — الكهربائية الحيوانية وكشف التيار —
الالكتروفور — الكهربائية بالتلامس — عمود فولتا — العمود البسيط والتيار —
تحليل الماء بالتيار وكشف بعض العناصر

الفصل الثالث عشر — التلغراف ١٣٥

التلغراف البصري — أول تلغراف كهربائي — التأثير المغناطيسي للتيار — التلغراف
المغناطيسي — تلغراف مورس — التلغراف البحري

الفصل الرابع عشر — التلفون ١٤٦

الموجات الصوتية — طبيعة الموجات الصوتية — الدرجة والشدة والنوع — صوت
سببه التيار — أول تلفون — تلفون بل — الميكروفون — الميكروفون ذو الحبيبات
الكربونية

الفصل الخامس عشر — الضوء الكهربائي ١٥٥

الضوء الحيواني — استضاءة الإنسان — اللهب الكهربائي — القوس الكهربائي —
إديسون — مصباح إديسون الكهربائي — الشمعة الكهربائية — جوزيف سوان —
الوعاء بعد الشريط

الفصل السادس عشر — ميخائيل فرداي ١٦٥

كشفه ظاهرة الدوران المغناطيسي الكهربائي — كشف التيارات التأثيرية — الدينامو

صفحة

وهو أساس علم الهندسة الكهربائية — خطوط القوى — علم الكيمياء الكهربائية —
تأثير المغناطيسية في الضوء — أجسام مغناطيسية غير الحديد والنيكل — خاتمته

الفصل السابع عشر — التخاطب اللاسلكي ١٨٠

الأثير — الموجات الكهربائية — التلغراف اللاسلكي — تجربة هرتر — تلغراف
مركوني — إدخال تحسينات جوهرية في التلغراف اللاسلكي — التلفون اللاسلكي
أو الراديو — المرسل في الراديو — المستقبل في الراديو

الفصل الثامن عشر — الأشعة الجديدة (السينية والراديومية) ١٩٨

مولد الأشعة الروتجنية — قصة كشفها — كشف الراديوم — أنواع الأشعة الراديومية

الفصل التاسع عشر — السفن الهوائية وآلات الطيران ٢٠٩

المنطاد — المنطاد المسير — آلات الطيران

الفصل العشرون — الغواصة ٢٢١

تاريخها — جولة في غواصة أثناء الحرب — في خصائص الغواصات

الفصل الحادي والعشرون — الحركات الشمسية ٢٣٢

أول آلة شمسية — المحرك الشمسي

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

أما بعد فأقدم إلى قرائي نوحاً من أدب جديد ، هو أدب العلوم كما يسميه أهل الغرب ، وهو ذلك الأدب الذي يرمى إلى نشر الثقافة العلمية عن طريق شرح العلوم العلمية في غير تعمق ولا تبذل . والحق إن أدب اللغات قد طغى على أدب العلوم بشكل ريع له الغاميون ، فقاموا أخيراً ينشرون بحوثهم في ضيعة تستسيغها الجماهير ، حيث تقرب العلوم العلمية إلى أكبر عدد منهم فتهمها عقولهم . ومن ثم ظهر ذلك الأدب العلمي الشائق الذي نراه اليوم في كتابات سلسون وجينز وطيسن وإنفلد وبوانكاريه (العالم لا السياسي) وإدنجتون ولودج وأندريد ومشرقة ومصطفى نظيف وغيرهم من فطاحل العلماء وكبار الأدباء العلميين ، وبلغت توأليهم من البيان الرائع درجة تستهوى القلوب وتطرب الأسماع .

وسأبسط هذه البحوث في لغة قد تكون من إنشائي ، وقد تكون مقتبسة أو مترجمة عن هؤلاء الأعلام وغيرهم . أقول هذا لأن العود بالفضل لأهله أولى وأنبل ، وسأترسم خطي هؤلاء الأفاضل في هذا السبيل مبتعداً عن صلابة العلم ما أمكن ، فارضاً أن قرائي لا دراية لهم سابقة بالعلوم ، مراعيًا حاجة الطالب وغير الطالب مستعيناً بالصور والرسوم . وآمل أن يشعر كل من يقرأ كتابي هذا بلذة في العلم تثير في نفسه الرغبة في الاستزادة منه في المصادر المطولة الأخرى . والله أسأل أن يسدد خطاي في سبيل نشر الثقافة العلمية ورفع مستواها بين جميع الطبقات .

أحمد فهمي أبو الخير

القاهرة في أكتوبر سنة ١٩٣٨

عَجَائِبُ الْفَرِيقَانَا

عِلْمٌ وَقَصِيصٌ

الفصل الأول

أرشميدس



(شكل ١) أرشميدس

في البحر الأبيض المتوسط جنوبي إيطاليا تقع جزيرة صقلية ، التي اشتهرت قديماً بمدنها ومعابدها وقصورها ، وحدائقها الغناء الوارفة الشجر الدانية الثمر ، وحقولها التي تنبت الحنطة ، وبركانها العظيم — بركان إتنا — الذي تخرج منه سحب البخار والغبار والذي تتدفق منه أحياناً سيول نارية من صخر منحدر ينحدر من فوهته إلى أسفله . ولطالما رجّت الزلازل هذه الجزيرة رجاً شديداً ، ولكن أشدها كانت تلك الزلزة التي خربت بلدة مسينا في مستهل سنة ١٩٠٨ .

وسرقوسة أكبر مدن صقلية ، يسكنها اليوم خمسة وعشرون ألف نسمة ، أقامها بناتها على جزيرة صغيرة يصلها جسر عظيم بأما الجزيرة الكبرى صقلية ذاتها . وكان

سكانها القدماء عشرة أضعاف سكانها الحاليين ، وكانت مساكنها تملأ الرحب منها منتشرة فوق المرتفعات والصخور ، ممتدة على ضفتي النهر الذي يشقها حتى العراء وحتى الأرض التي ينمو فيها نبات البردى الذي كان الأقدمون يصنعون منه ورقاً للكتابة .

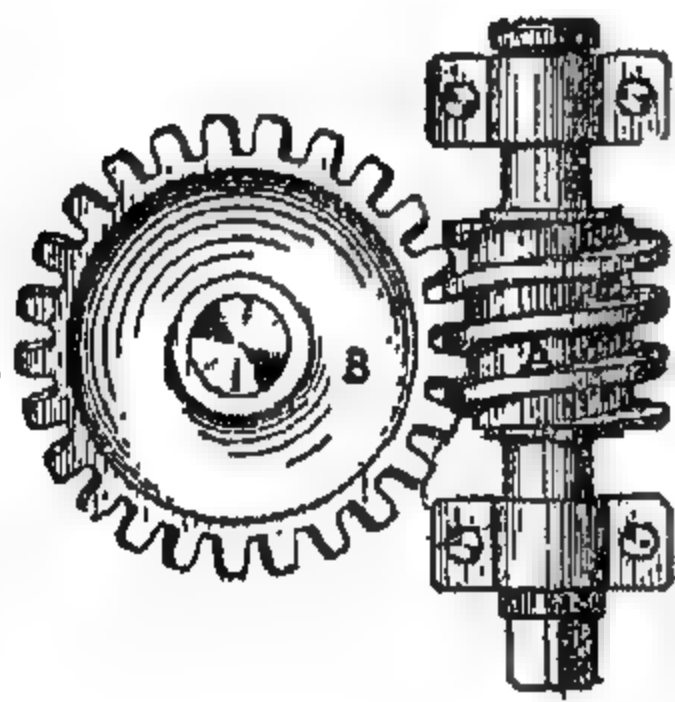
في هذه المدينة وُلد أرشميدس سنة ٢٨٧ قبل الميلاد ، وفيها أقام بعد أن تلقى العلم في مدينة الإسكندرية ، وكان غنياً عاقلاً أريباً ، جمعته بملك الجزيرة « إيرو » صداقة وقرابة . ولو أراد لعاش في معية ذلك الملك مترفاً مرفهاً معزراً مكرماً ، بين لهو وقصف ، وجد وهزل . ولكن الله رزقه عقلاً سما به عن هذه الملاذ الدنيوية ، واتجه به صوب غرض آخر أشرف هو الغرض العلمي البحت للبحث وراء الحقيقة العلمية أنى كانت . وكان يجد في درس قوانين الطبيعة وكشف أسرارها لذة لا تعدلها لذة .

واستعرت الحرب بخصوص هذه الجزيرة الجميلة الخصبية بين الإغريق والرومان وأهل قرطاجة في أفريقيا ، كل يريد امتلاكها . ولكن إيرو ما كها حالف الرومان ، وكانت القوة في جانبهم ، فاستطاع أن يحتفظ بملكه فيها خمسين سنة انتعشت في غضونيتها التجارة والصناعة في سرقوسة . ثم رأى أن يبتنى السفن فأنشأ منها عمارة كبيرة اشتمت على أكبر سفينة ظهرت حتى ذلك الوقت ، وجعات هذه السفن ترود البحار وتمخرها ، فأقلعت إلى مصر وبلاد اليونان ، وأبحرت إلى أفريقيا وإسبانيا وشواطئ فرنسا وإيطاليا تستبدل بالحب والفاكهة الحرير والآلي والعنبر والخيول العربية الأصل .

الروافع

وكان أرشميدس يمضي كثيراً من وقته في الميناء وفي أحواض بناء السفن يرقب البحارة وصانعي السفن أثناء عملهم ، ويساعدهم بمخترعاته الحديثة التي كان قد وصل إليها إذ ذاك . رآهم ينصبون في رفع الأثقال الضخمة ، فعلمهم كيف يرفعونها دون كبير نصب ولا تعب عن طريق استعمال رافعة أو عتلة يضعون طرفها تحت الحجر الضخم المراد نقله ثم يركزون بها على حبل آخر صغير مجاور للأول ، إذ بذلك يستطيعون استخدام القوة الصغيرة في قلة الثقل الكبير . وقاس أرشميدس القوة التي استخدمت بهذه الطريقة ،

فوجد أنها تكبر كلما زاد طول الرافعة وقل طول المسافة بين الحجر المراد نقله والحجر الذي ترتكز عليه الرافعة . فإذا كانت المسافة بين المرتكز واليد المحركة خمسة أمثال المسافة بين المرتكز والحجر المراد نقله تضاعفت قوة اليد خمسة أمثال ، وبذلك يستطيع رجل واحد أن يرفع حجراً يستدعي رفعه بدون رافعة خمسة رجال . وإذا وصل أرشميدس إلى ذلك جعل يحدث نفسه ويقول : « وإذن كلما أطلنا الرافعة الطول الكافي ما استعصى علينا نقل أى حجر مهما كان ثقله » . وأسرع إلى مليكه يخبره بهذا الكشف . قال : « لو أنك أيها الملك منحتني مكاناً خارج هذه الأرض أقف فيه لقلقات لك الأرض كلها » . وكان أرشميدس يعلم بطبيعة الحال أن الأمر ليس هيناً كما قال ، لأن الرافعة التي تلزم لقلقلة الأرض لا بد أن تكون متينة وضخمة تتناسب مع جرم الأرض . وعدا هذا فقد كان يعلم أنه يحتاج أيضاً إلى مرتكز ثابت ترتكز عليه الرافعة ، فضلاً عن أن المكان الذي يقف فيه هو نفسه يجب أن يكون ثابتاً لكي يستطيع أن يبذل القوة التي يريد بها . ونحن نعلم اليوم أن الأرض تسبح في الفضاء ، وأنه لا يوجد مكان ثابت مستقر في أية جهة لأن الكون كله دائم الحركة . وعلى ذلك فنحن بعد هذه السنين كلها وقد زادت على ألفين ومائتين ، لم نستطع إجراء تلك التجربة العظيمة التي اقترحها أرشميدس .



(شكل ٢) اللولب اللانهائي

وهناك أشياء أخرى قال بها أرشميدس وتستعمل اليوم بكثرة . مثال ذلك اللولب اللانهائي ، الذي استطاع به أرشميدس أن يسحب سفينة بما عليها من رجال وسلع على الرمل بسهولة كما لو كانت سابحة في الماء أمام صديقه الملك الذي بهت لذلك وسر له غاية السرور .

قصة التاج المزغول

وزادت مكانة أرشميدس لدى مولاه وحباه ثقته وعطفه . وكان الملك قد أعطى صائغاً قدراً من الذهب لكي يصوغ له منه تاجاً يهديه أحد المعابد . وعاد الصائغ بالتاج

إلى الملك بعد بضعة أسابيع ، فأمر بوزنه وفعلاً وزن التاج ووجد أن وزنه يعدل وزن الذهب الذي تسلمه الصائغ . غير أن الملك بلغه فيما بعد أن الصائغ قد أخذ لنفسه جزءاً من الذهب ووضع بدله فضة تعدله وزناً . وكان ملكاً عادلاً أريباً فلم يشأ أن يتهم الصائغ دون أن تكون لديه البينة على إجرامه . فأرسل في طلب أرشميدس وسأله التاج . وسأله أن يفحصه ليرى إذا كان مخلوطاً بالفضة أو كان ذهباً نقياً خالصاً .

حار أرشميدس في ذلك الأمر طويلاً وسقط في يده . لقد وزن التاج فإذا به يجد الوزن صحيحاً . والتاج من جهة أخرى يبرق كأنه صيغ من ذهب خالص فماذا هو صانع ؟ لقد جاء بقطعتين متساويتين حجماً إحداها من الذهب والثانية من الفضة ، ثم وزنها فوجد أن وزن قطعة الذهب يكاد يبلغ ضعف وزن قطعة الفضة . فقال في نفسه : « لو أننى أصهر التاج فأجعله كتلة مصمتة مكعبة الشكل مثلاً ، ثم أجيء بقطعة من الذهب الخالص تضاهي هذه الكتلة حجماً ، فإن وزنيهما يتساويان لو كان التاج من الذهب الخالص . فإذا لم يكن قد صيغ منه فكتلة التاج تكون بلا شك أخف » . وصر بخاطره أن يصهر التاج ، ولكنه كان جميل الصنع فرغب عن صهره . ولو أنه حصل على حجم المادة المكونة له لاستطاع بسهولة أن يعرف ما إذا كان ذهباً خالصاً أو مزجولاً . فكانت العقدة إذن كيف يعين حجم مادة التاج دون أن يصهره .

وكان من عادة أرشميدس أن يتابع بحث كل مسألة تعترضه فلا يشغل نفسه بغيرها حتى يصل إلى حلها . ولذا كان يرى أحياناً يخط على رماد الموقد خطوطاً ودوائر لكي يصل منها إلى حل مسألة هندسية ، وأحياناً وهو في الحمام وعبيده يدلكون جسده بالزيت زيادة في ملاسته ، كان يخط بأصابعه أشكالاً على طبقة الزيت التي تغطي بشرته . أى أنه كان ينصرف بكلياته وجزئياته إلى المسألة التي بين يديه إلى أن يحل عقدها .

وحيرته كثيراً مسألة التاج هذه . ففي ذات يوم وهو في الحمام ورد الحل على خاطره ، وكان من عادته أن يغتسل في حوض كبير يسع جسمه كما هي عادة الإغريق . وكان الحوض مملوءاً بالماء حتى الحافة ، فلما قفز إليه فاض الماء من جميع الجوانب ، وكان قد غاص بجسمه كله في الماء من رأسه إلى أخمص قدميه . ولما خرج من الحوض وجد

أن الماء لم يملأه حتى الحافة كسابق أمره ، بل انخفض سطحه كثيراً تحت الحافة .
 ألا يعدل حجم الماء الذى سال حجم جسمه بالضبط ؟ عندئذ وضح الأمر وحل اللغز الذى
 طالما فكر فيه . لقد عثر على طريقة لتعيين حجم جسمه هو دون أن يحيل نفسه كتلة
 مصمتة ، فلماذا إذن لا يحصل على حجم التاج بنفس الطريقة ؟

وجن من فرط سروره بكشفه الجديد ، وخرج من الحمام عارياً كما يقول الرواة ،
 والماء يقطر من جسده مذهولاً لا يعي ، ومضى يصيح : « لقد وجدتها ، لقد وجدتها » ،
 يريد بذلك أنه وصل إلى حل اللغز .

وأسرع إلى وعاء كبير وملأه حتى الحافة ، ثم غمر فيه التاج ففاض من الوعاء بعض
 الماء ، ولما أخرج التاج انحسر سطح الماء منخفضاً أسفل الحافة داخل الوعاء .
 ثم جاء بكأس معلومة السعة ، وكال بها الماء اللازم لملء الوعاء إلى الحافة من جديد .
 فحجم هذا الماء يعدل بالضبط حجم التاج .

ثم أخذ قديرين من الفضة والذهب يساوى وزن كل منهما وزن التاج . ثم صهر كل
 كتلة على حدة ، فكان لديه بذلك ثلاثة أشياء متساوية فى الوزن : قطعة من الذهب ،
 وأخرى من الفضة ، ثم التاج الذى صنعه الصائغ . وبعدئذ غمر قطعة الذهب فى إناء مملوء
 بالماء حتى الحافة فأزاحت قدرأ منه ، ثم غمر قطعة الفضة فى الماء فوجد أنها أزاحت من
 الماء ضعف ما أزاحت الأولى تقريباً . وأخيراً غمر التاج فى الوعاء بعد ملئه ، فوجد أن
 الماء الذى أزاعه أكثر من الماء الذى أزاعته قطعة الذهب ، وأقل من الماء الذى
 أزاعته قطعة الفضة . وبذلك أثبت أن التاج ليس من الذهب الخالص ، بل يشتمل
 على قدر من الفضة .

واستطاع فى النهاية أن يصنع سبيكة من الذهب والفضة المخلوطين تزيع من الماء
 قدر ما يزيعه التاج بالضبط . وذهب بعدئذ إلى مولاه وأخبره بما يحتويه التاج بالضبط
 من الفضة ، وبمقدار ما سرقه الصائغ من الذهب .

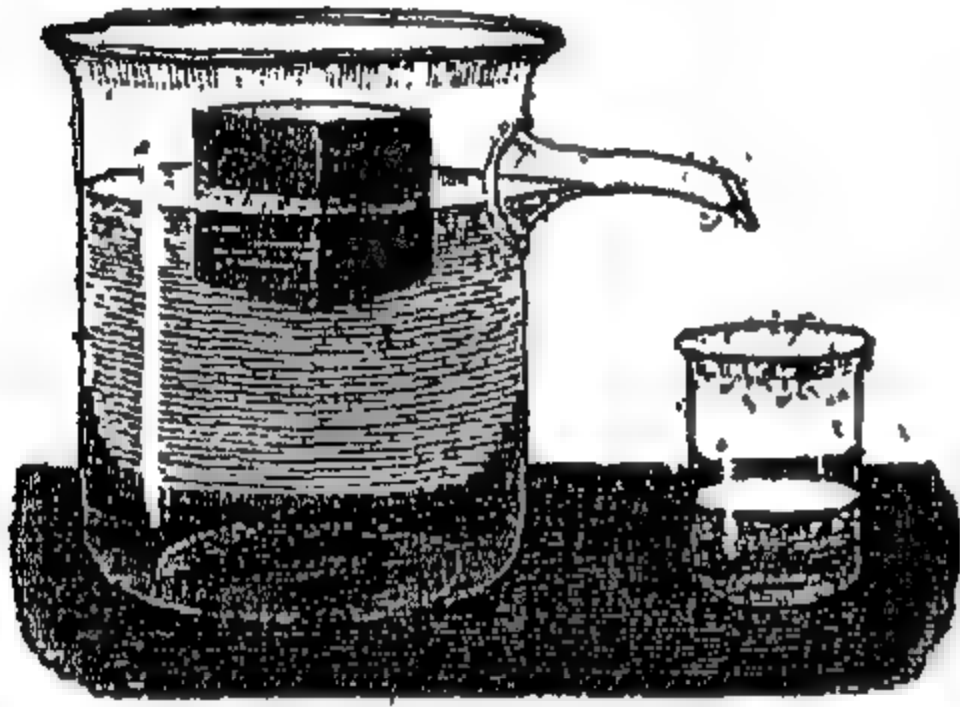
فشكر الملك لصديقه النابه صنيعة مشيداً بفضله وعلمه ، وأرسل يطلب الصائغ ،
 فلما مثل بين يديه أخبره بأنه كشف أمره . فاعترف الصائغ بجرمه أزاء ما جوبه به من

الحنائق ، واسترد منه الملك الذهب المسروق ، وأمر بسجنه .

قاعدة أرشميدس الشهيرة

وتابع أرشميدس تجاربه يجريها على مختلف المواد والأجسام . فجعل يزن أجساماً معلقة في الهواء ، ثم معلقة في الماء ، ووجد أن الأجسام إذا وزنت وهي معلقة في الماء بخيط يربط في الميزان فإن أوزانها وهي كذلك تقل عن أوزانها وهي معلقة في الهواء . ووجد أن الفرق بين الوزنين يعدل وزن الماء الذي يزيغه الجسم .

ثم مضى يجرى تجاربه على أجسام تطفو على الماء كالخشب ، فجاء بكأسه الشهيرة باسمه ، وهي كأس لها فتحة ينبثق منها صنبور ، ثم صب فيها الماء حتى تدفق من الصنبور . ووضع الكأس بمائها في كفة ميزان ووازنها في الكفة الأخرى بأثقال أحدث الاتزان المطلوب . ثم أخذ الكأس من الكفة تاركا الأثقال في الأخرى .



(شكل ٣) كأس أرشميدس

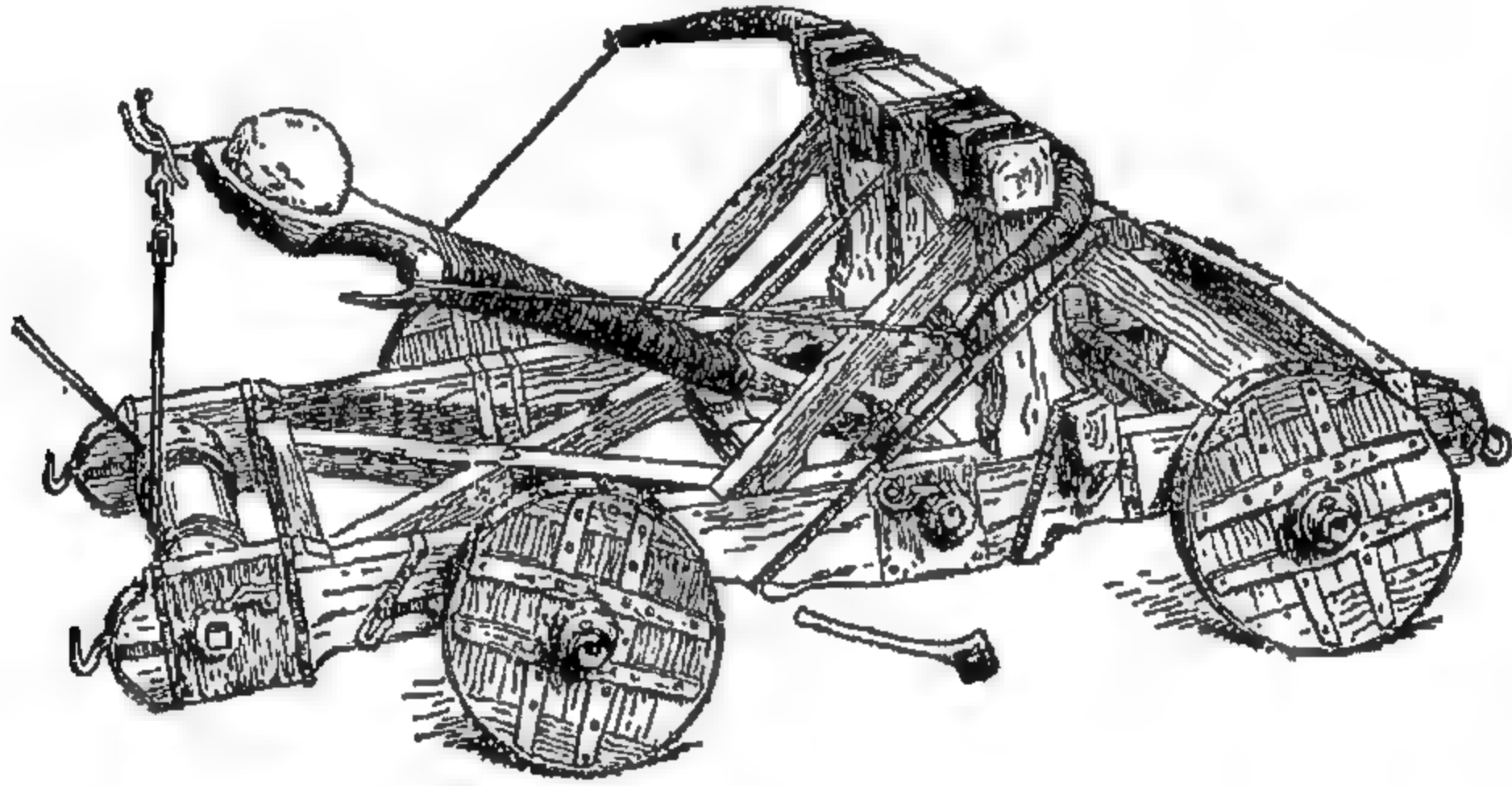
وجاء بقطعة خشب سبق له أن وزنها ، ورمى بها في الكأس فطفت على مائه بعد أن تدفق خلال الصنبور بعض الماء الذي جمعه في كأس أخرى . ثم وضع الكأس من جديد بمحتوياتها من ماء وخشب طاف فوقه في كفتها فاتزنت مع الأثقال السابقة الموجودة في الكفة الأخرى . وإذن فقطعة الخشب لم تزد في وزن الكأس وما بها من ماء ، لأن وزنها يعدل وزن الماء الذي تدفق والذي جمعه في كأس أخرى على حدة .

وعندئذ وضع أرشميدس قاعدته الشهيرة في بضع كلمات هي « كل جسم يقل وزنه في الماء بقدر وزن ما يزيغه من هذا الماء ، وكل جسم يطفو على الماء يزيغ منه ما يعدل حجمه حجم الجزء المغمور وما يعدل وزنه وزن الجسم الطافي كله » . وقاعدته هذه صحيحة إذا استبدل بالماء أى سائل آخر .

وينسب إليه اختراع الطنبور المستعمل الآن في ري الأرض ، وهو شائع الاستعمال في مصر كلها .

وفاته

وامتد زمن السلم في صقلية بعد محالقتها الرومان خمسين سنة ، فلما نقض هؤلاء تحالفهم وأغاروا على سرقوسة وكل أمر الدفاع عنها إلى أرشميدس . فصنع آلة حربية ضخمة كانت تمطر الجيش المهاجم بالصخور الضخمة التي تغرق كل سفينة تصيبها . وتلك كانت آلة المنجانيق التي ذاع استعمالها في العصور القديمة ، واستخدمها العرب فيما بعد في ذلك الحصون والقلاع . وقيل إنه اخترع المرايا المحرقة التي استطاع بها إحراق الأسطول الروماني عن بعد . وهو قول فيه كثير من المبالغة التي تخرجه عن حد التصديق .



(شكل ٤) المنجانيق

وما وسع مارسيلوس القائد الروماني المهاجم إلا أن يعجب بعبقرية ذلك المهندس السرقوسى العظيم الذى عاق الرومان عن الاستيلاء على المدينة زمناً طويلاً . فلما سقطت بعد كفاح طويل أمر جنوده ألا يمسوا أرشميدس بسوء ووافاه أحد الجنود وكان منكباً على حل مسألة هندسية عرضت له فشغل بها كدأبه عن كل ما عداها ، وكان يخط بعصاه على الرمل أشكالا . فلما سأله الجندى عن اسمه أو ما إليه أن ينتظر حتى ينتهى من حل المسألة الهندسية التى شغلته ، وطلب إليه ألا يطمس بتقديمه الأشكال والدوائر التى خطها فوق الترى . فلم يفهم الجندى الروماني حديثه ، وما كان منه إلا أن طعنه فأرداه قتيلاً . ولما علم القائد الروماني مارسيلوس بقتله حزن عليه حزناً شديداً ، ورأى أن يكفر عن ذلك ، فأكرم ذويه أبلغ إكرام .

ودفن أرشميدس في سرقوسة ، ووضع على قبره أثر لتمجيد ذكراه . وهذا الأثر لوحة رسم فوقها اسطوانة تغلف كرة ، فقد كان من كشوفه في علم الهندسة أن حجم الكرة التي تغلفها اسطوانة ارتفاعها يساوى قطر الكرة يعدل ثلثي حجم الأسطوانة . والحق أنه أثر رمزي جدير بأن يوضع على قبر رجل يعد من أكبر رجال العلم الرياضيين الفيزيقيين الذين ظهروا في الوجود . ولما زار الخطيب الروماني العظيم شيشرون بلدة سرقوسة بعد ذلك بمائة وأربعين سنة وجد قبر أرشميدس قد علته الحشائش والأشواك ، فأخذ على أهل سرقوسة إهمالهم ذكرى أنبه رجالهم وأرسخهم قدماً في العلوم ، وأبدى أسفه المقرون بالآلم على أن وفاة هذا العبقرى العظيم كانت على يد جندي روماني طائش سبب للعالم العلمى في ذلك الزمن فجيرة كبرى .

والفضل ما شهدت به الأعداء .

الفصل الثاني

علماء الإسكندرية الأقدمون

لما تغلب الإسكندر الأكبر على الجيوش المصرية ، ودان له وادى النيل ، رأى أن يشيد مدينة كبيرة في مصر يتخذها قاعدة لملكه . فسار بسفنه في البحر الأبيض المتوسط في محاذاة الشاطئ المصري ماراً بمصبى النيل عند دمياط ورشيد ، حتى وصل إلى مكان رآه أوفق الأمكنة وأنسبها لغرضه . وكان ذلك المكان يفاعاً ضيقاً من الأرض يمتد على شاطئ البحر ، ومن ورائه بحيرة عظيمة ، ومن أمامه جزيرة صغيرة ، فقال الإسكندر : « هنا تكون عاصمة ملكي ، وليكن اسمها الإسكندرية بعد اسمي » . وأرسل على الفور إلى مهندس المعماري دينوقراط ، وسأله أن يختط للمدينة الكبيرة الجديدة شوارعها وطرقها ، وأن يضع رسوماً لدورها وقصورها . فأطاع الرجل مولاه ، ووضع الرسوم اللازمة لذلك ، ثم جيء له بالمال والرجال لكي ينهض بذلك المشروع العظيم . وخطت الشوارع مستقيمة واسعة ، وحفرت القنوات لتصل البحيرة بالبحر وبالنيل ، ومن ثم تيسر إيجاد مأوى تأوى إليه السفن إذا عصفت العواصف ، وهبت الزعازع .

ثم وصلت الجزيرة بالمدينة بجسر يبلغ الميل طولاً ، وبُنِيَ فوق الجزيرة فئار يبلغ ارتفاعه أربعائة قدم ، وكان يشبه برجاً مستديراً . وأمر الإسكندر أن توقد فوقه باستمرار نار عظيمة ترشد السفن إلى الميناء بدخانها نهاراً وبلهبها ليلاً . وكان ذلك الفئار أول فئار بنى حتى ذلك الوقت ، ويقال إن ما صرف في بنائه بلغ حوالى ربع مليون من الجنيهات .

ومرت بعد ذلك على الإسكندرية خمسون سنة ، أصبحت في غضون ذلك مركزاً هاماً للتجارة . ولا يخفى أن مصر بعد موت الإسكندر وقعت في حوزة قائده بطليموس الذى

أسس دولة البطالمة في مصر . وكان ملوك هذه الدولة والحق يقال من ناصري العلم والفلسفة . وأسس بطليموس الثاني ، وهو ثاني ملوك دولة البطالمة تلك ، مكتبة الإسكندرية الشهيرة ، فاحتفظ لعاصمة ملكه بمقام الصدارة في العلم والتعليم ، وظلت محتفظة بمكائنها هذه أكثر من مئاة سنة .

وسامت من التلف والضياع مؤلفات الإغريق ومصنفاتهم ، حيث وضعت في مكتبة الإسكندرية . وجاء بطليموس الثالث ملك مصر فجعل يرغم كل غريب يفد على الإسكندرية على أن يترك نسخة من كل كتاب يكون معه لكي تحفظ في دار الكتب . ثم ابنتي متحفاً كان بمثابة معهد يشبه كل الشبه الجامعات الحالية ، فكان أول ما رأى العالم من الجامعات ، ويعرف في التاريخ بمتحف الإسكندرية . وكان هذا المتحف يحتوي على مساكن للأساتذة ، وعلى حجرات لإلقاء المحاضرات ، وعلى مطعم واسع وغرف للتشريح كان يدرس فيها الطب ، ومرصد فلكي مجهز بما عرفه أهل ذلك الزمان من الأدوات والآلات الفلكية ، ومعمل للكيمياء قيل إن الملك أسسه على أمل أن يكشف له الكيمائيون أكسير الحياة ، لأنه ما كان يخشى إلا الموت . ونمت الجامعة وترعرعت وصارت كعبة يقصدها طلاب العلم والفلسفة من جميع الأنحاء . وكان إقليدس واضع علم الهندسة من بين هؤلاء ، وكان منهم شعراء ونقادة ومؤرخون . وترجمت إلى الإغريقية كتب كثيرة جيء بها من جميع أنحاء العالم ، ومن بين هذه الكتب التي ترجمت « العهد القديم » الذي يقال إن سبعين كاتباً استخدموا في نسخه .

أرستارخوس Aristarchus

وكان أرستارخوس (سنة ٢٧٠ قبل الميلاد) ، أول فلكي سكندري قدر المسافة بين الشمس والأرض بالنسبة لبعد الأرض عن القمر . فهو عرف أن القمر كرة مستديرة ، وأن أشكاله أو أوجهه التي تراها العين ، إنما يحدثها ضوء الشمس الساقط عليه على جملة زوايا مختلفة ، فراقبه وهلاله يكبر يوماً عن يوم حتى بلغ بالضبط نصف دائرة ، وعين مقدار الزاوية التي رأسها عين الراصد وأحد ضلعيها ينتهي بمركز القمر والآخر بمركز الشمس ،

فوجدتها ٨٧° أى أقل من قائمة بثلاث درجات . ثم رسم على الورق مثلثاً قائم الزاوية وإحدى زاويتيها الأخيرين ٨٧° ، فرأس هذه الزاوية تعين موضع الأرض ، ورأس القائمة تعين موضع القمر ، وتعين الثالثة موضع الشمس . وقاس أضلاع هذا المثلث فوجد أن الشمس تبعد عن الأرض قدر بعد القمر عنها ثمان عشرة أو تسع عشرة مرة . ولكنها فى الحقيقة قدرها أربعاً مائة مرة . فإذا لاحظنا أنه لم يكن لدى الأقدمين آلات دقيقة ، وأن من الصعب — إن لم يكن من المستحيل — أن نعرف بالضبط اللحظة التى يكون فيها القمر نصف دائرة ، عذرنا أرسطرخوس فى خطأ حسابه . على أن أرسطرخوس من جهة أخرى قد وجد أنه يمكن أن يحيط بالأفق الذى نراه سبعمائة وعشرين شمساً — وهذا قريب جداً من الحقيقة . ولكن رجال العلم يشيدون بذكر الرجل لطرائقه الحاذقة البديعة التى ابتكرها لإيجاد بعد الشمس وتعين حجمها ، ولأرصاده المضنية التى أجراها وإن تكن تقديراته غير سليمة .

إراتستين Eratosthenes

ومن الذين نبه ذكرهم بين فلاسكى الإسكندرية إراتستين خازن دار الكتب الذى توفى سنة ١٩٦ قبل الميلاد . كان أول من عىف حجم الأرض إذ كان القول بكرويتها معمولاً به فى عهده . وكان من عادته أن يسافر فى النيل على سفن شراعية فلاحظ أنه كلما أوغل السير فى أعلى النيل ، ظهرت له فى السماء نجوم جديدة ناحية الجنوب ، واختفت بالتدريج النجوم الشمالية . فزاده هذا اقتناعاً بأن الأرض كالمركرة مستديرة ، ورأى بشاقب فكره أنه إذا استطاع أن يمشى قدماً إلى ما بعد أعلى النيل متجهاً صوب الجنوب فإنه يدور حول الأرض عائداً إلى الإسكندرية قادماً إليها من الشمال . ولكن هل يلزم لى نقيس محيط الأرض أن نسيح حولها ؟ كلا بل يكفى قياس جزء من الدائرة لقياس الدائرة كلها . فإذا ما قاس شخص ارتفاع نجم جنوبى من نقطة ما ثم سار صوب الجنوب مسافة حتى بلغ نقطة أخرى وقاس منها ارتفاع النجم أمكنه بوسائل رياضية أن يعلم ما إذا كانت المسافة التى سارها خطأ مستقيماً أو قوساً فى دائرة ، واستطاع أن يوجد محيط هذه الدائرة بتعيين مقادير بعض الزوايا .

وفعلا سار إراتستين من الإسكندرية حتى بلغ شلال أسوان ، وقدر البعد بين الإسكندرية وأسوان بتقدير الزمن الذي تستغرقه قافلة في سفرها من الواحدة إلى الأخرى فوجدها حوالى ٨٤٠ كيلو متراً . ثم وجد أن الشمس عند منتصف النهار تكون في أسوان أعلى منها في الإسكندرية بمقدار ٧ درجات تقريباً ، أى حوالى جزء من خمسين جزءاً من دائرة كاملة ، فاستنتج الرجل أنه إذا واصل السير جنوباً مسافة تساوى المسافة التى قطعها خمسين مرة فإنه يكون قد دار حول الأرض دورة كاملة ، وبذلك يكون قد قطع مسافة قدرها اثنان وأربعون ألف كيلو متر . ولكن المحيط الحقيقى للأرض حوالى ثمانية وثلاثين ألف كيلو متر . وبذلك لا يكون هذا العالم الإسكندري قد ابتعد كثيراً عن الحقيقة ، وكان فى وسعه أن يصل إلى الجواب الصحيح لو أنه أدرك أن أسوان ليست فى الواقع جنوبى الإسكندرية بالضبط ، بل إنها تنحرف قليلاً نحو الشرق ، فكان هذا الانحراف باعثاً على ازدياد طول المسافة التى سارها ، فعلى ازدياد طول المحيط من ثم . وكانت خاتمة هذا الفلكى السكندري محزنة ، ففى آخر أيامه فقد بصره ، ففقد قوى الملاحظة ، وقد أمضه هذا كثيراً فانتحر لأن الحياة بغير متابعة البحث والدرس أصبحت فى اعتقاده غير مجدية والحال كذلك .

أبرخس Hipparchus

واشتهر من بعده فى العصر الاسكندري العالم اليونانى أبرخس (١٩٠ — ١٢٥ قبل الميلاد) ويعتد هذا الرجل أكبر علماء الفلك فى التاريخ القديم ، ولا يقل أثره فى علم الفلك القديم عن أثر العالم نيوتن فى علم الفلك الحديث . فهو أول من قال بالحركة المستديرة التى تكون الأرض فيها فى الوسط والكواكب من حولها . وكان أول من كشف الظاهرة الفلكية المعروفة بمبادرة الاعتدالين والتى تنشأ عن تغير طفيف مستمر يطرأ على اتجاه محور الأرض ، ولا يجعل من النجم القطبى الحالى نجماً يدل على القطب حقيقة . ويدل الحساب على أن النجم المسمى النسر الواقع ، وهو أشد النجوم تلالؤاً فى النصف الشمالى من القبة السماوية ، سيكون نجماً القطبى بعد ما يقرب من اثنى عشرة ألف سنة . على

أن أقدم النجوم القطبية التي حدثنا التاريخ عنها هو نجم الثعبان ، ومما لا شك فيه أن هذا النجم كان نجمنا القطبي أيام بنى الهرم الأكبر ، فإن بهذا الهرم بهواً مائلاً يتجه إلى نقطة تحت القطب بمقدار ثلاث درجات واثنتين وأربعين ثانية ، وإذن يلزمنا أن نبحث عن التاريخ الذي كان فيه نجم الثعبان هذا يبعد عن القطب بهذا القدر إن أردنا معرفة تاريخ بناء الهرم . ويدل الحساب على أنه كان أقرب ما يمكن إلى القطب الشمالى حوالى سنة ٢٨٠٠ قبل الميلاد . ومن الغريب أن البيانات التاريخية تدل على أن الهرم الأكبر بنى فى تاريخ قريب من سنة ٢٨٠٠ فقد جاء فى كتاب كهبرج فى التاريخ القديم أن الهرم الأكبر بنى حوالى سنة ٣١٠٠ قبل الميلاد ، وبذلك يكون بناء الهرم قد تقدم بذلك التقدير عن التقدير الفلكى بثلاثة قرون .

بطليموس القلوذى Claudius Ptolemy

وظهر بطليموس القلوذى حوالى منتصف القرن الثانى بعد الميلاد ، وألف كتابه « المجسطى » الذى ظل مرجعاً لعلماء الفلك حتى عصر النهضة . والفكرة الأساسية فى هذا الكتاب أن الأرض كرة تدور حولها الأجرام السماوية ، وأن أقرب الأجرام إليها القمر ، يليه عطارد فالزهرة فالشمس فالمرىخ فالمشترى فزحل فالنجوم الثابتة .

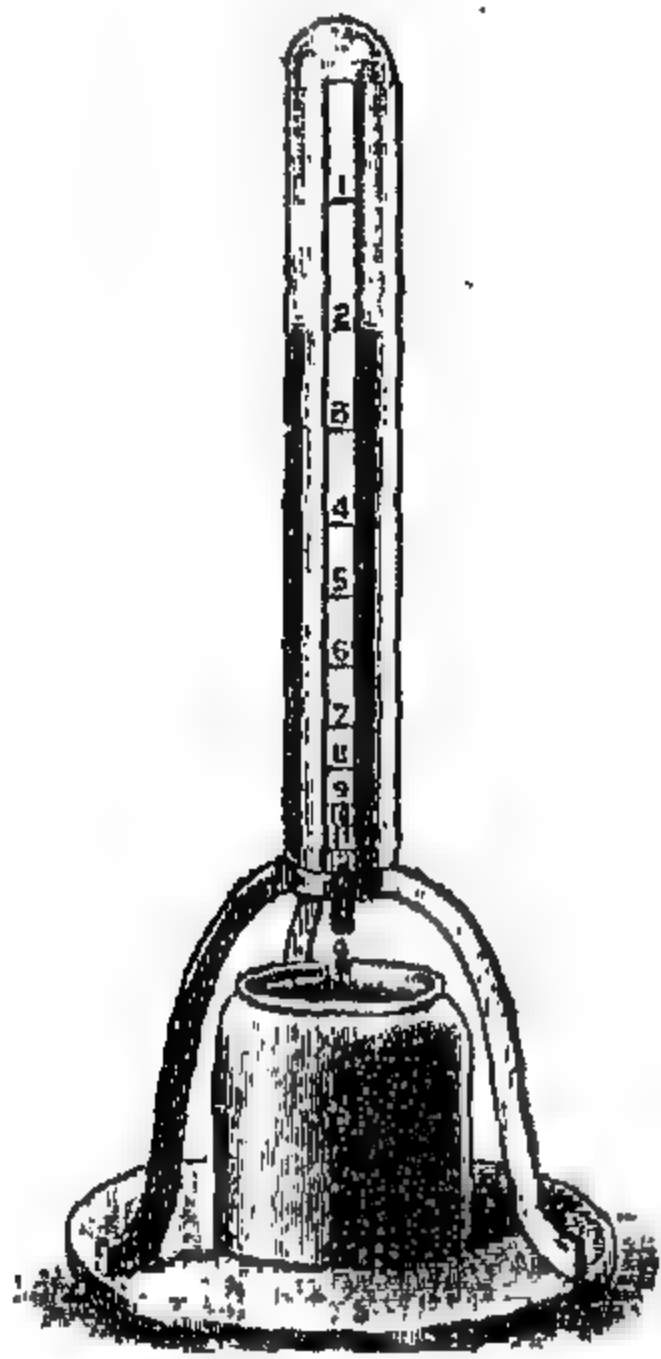
تسيبيوس Ctesibius

ولم تتمخض الحركة العلمية فى الإسكندرية عن الكشوف العلمية التى مر ذكرها فحسب بل كان من نتائجها بعض المخترعات التى لا يزال يستفيد منها العالم إلى وقتنا الحاضر . واشتهر فى هذا المضمار العالم المخترع تسيبيوس . ظهر قبل الميلاد بقرن ونيف ، وله مخترعات عدة منها « السحارة » أو سارقة الماء التى تسمى الآن « السيفون » أو « الممص » وهذه السحارة أنبوبة منثنية مفتوحة الطرفين يوضع أحد طرفيها فى الماء ثم يمص الماء من الطرف الثانى إلى أن يصل إليه ويتدفق منه ، فلا يزال يتدفق حتى ينكشف الطرف الذى فى الماء . ويشترط أن يكون الطرف الذى يمص الماء منه أسفل من سطح الماء . ومن مخترعاته أيضاً المضخة الكابسة ، ويقال إنه صنع مضخة للحريق كانت تتركب

كالاعتاد من مضختين كابستين ، ولكنها خلت من مستودع الهواء المضغوط ، فلم يكن يندفع الماء منها باستمرار كما هو الحال في مضخة الحريق الحديثة . أما المضخة الماصة فقد كانت معروفة من قبل ولكن مخترعها غير معروف ، وسيلي ذكر ذلك فيما بعد .

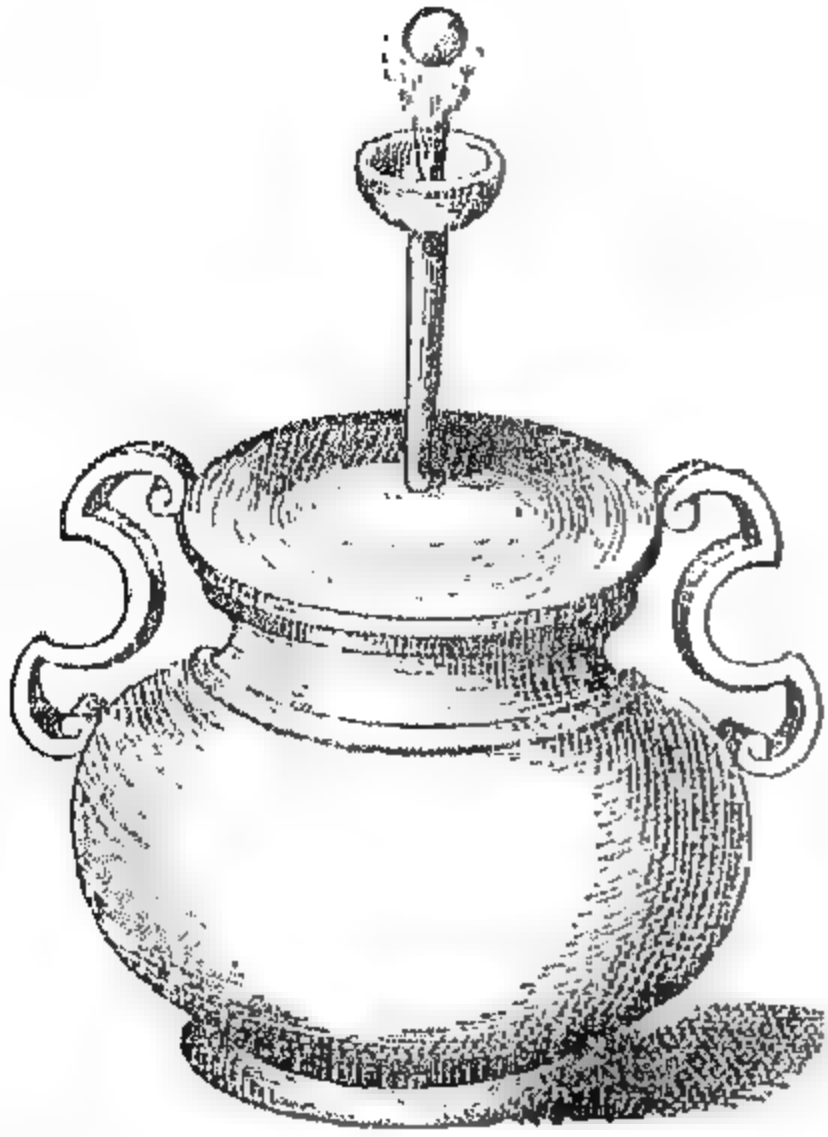
ايرون Heron

ومن أفذاذ العلماء السكندريين إيرون ، وكان موظفاً في المكتبة ، يحاضر في الميكانيكا والبصريات والمساحة ، وله عدة مخترعات كانت عجائب عصره . أدخل تعديلاً

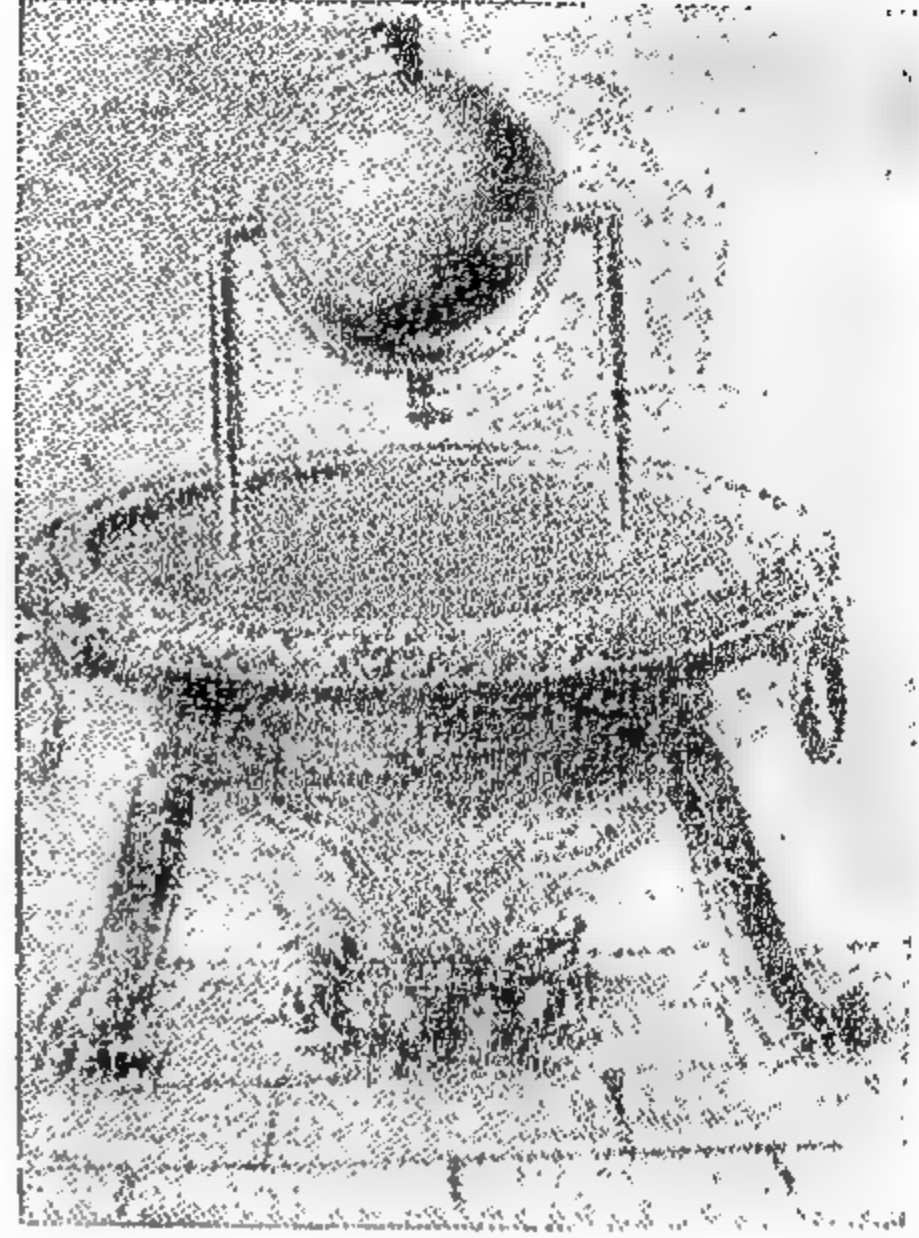


على الساعات المائية التي اخترعها البابليون بأن جعل نقط الماء تنساب خلال ثقب ضيق في حجر كريم شديد الصلابة حتى يعجز الماء عن توسيع الثقب ، فلا تسرع الساعة . وكان الماء المتساقط يجمع في إناء به قارب صغير ذو سارية مدرجة ، فإذا ما ارتفع الماء في الإناء ارتفع القارب بساريته المدرجة . وظهرت هذه الدرجات واحدة بعد أخرى فوق حافة الإناء . دالة على الساعات . وعدا هذا فقد سلط القارب على عجلة فجعلها تدور ، وعندما تدور تسقط بضع كرات صلبة في قذح فضي فيسمع لها صوت تدل دقاته على الساعة المطلوبة . أي أن تلك الساعة (شكل هـ) الساعة المائية المائية صارت بعد تعديل إيرون ساعة دققة تدق كالساعات في أيامنا هذه .

ومن أشهر مخترعاته البارم البخاري ، وهو تلك الآلة البخارية التي تتألف من كرة جوفاء تدور حول قطرها وتخرج منها أنبوبتان عند نهايتي قطر آخر عمودي على محور الدوران ، وانثنت كل منهما قبل نهايتها بزاوية قائمة في اتجاهين متضادين . فإذا ما وصل البخار إلى الكرة من خلال القائمين الرأسيين اللذين يحملانها اندفع من فوهتي الأنبوبتين مصطدماً بالهواء الخارجي ، ودارت الكرة في الاتجاه العكسي . وفي جهاز بخاري آخر له توضع كرة فوق أنبوبة رأسية مجوفة متصلة بمرجل ، فالكرة تعلق عند دفع البخار لها ثم تهبط لتسرب البخار . ثم يتوالى ارتفاعها فانخفاضها ما دام البخار موجوداً .



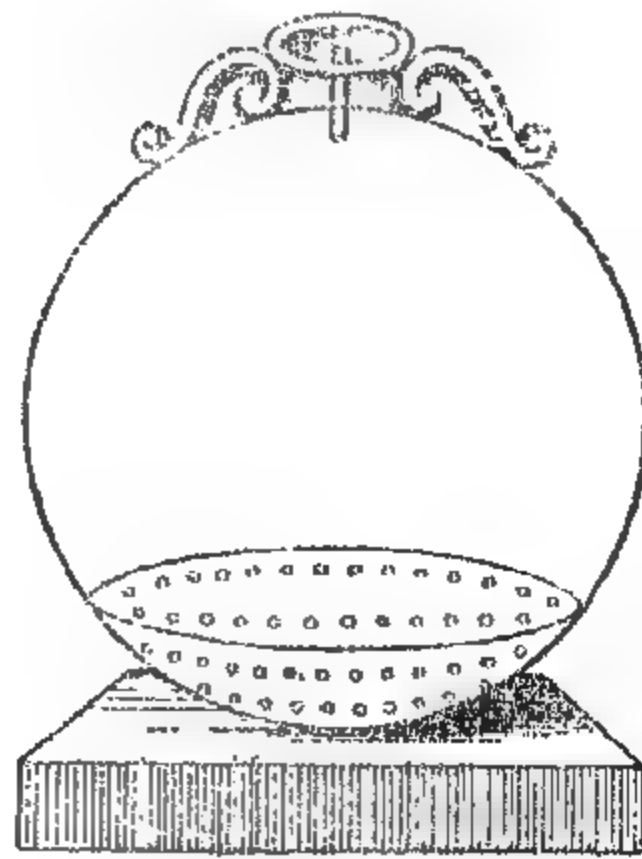
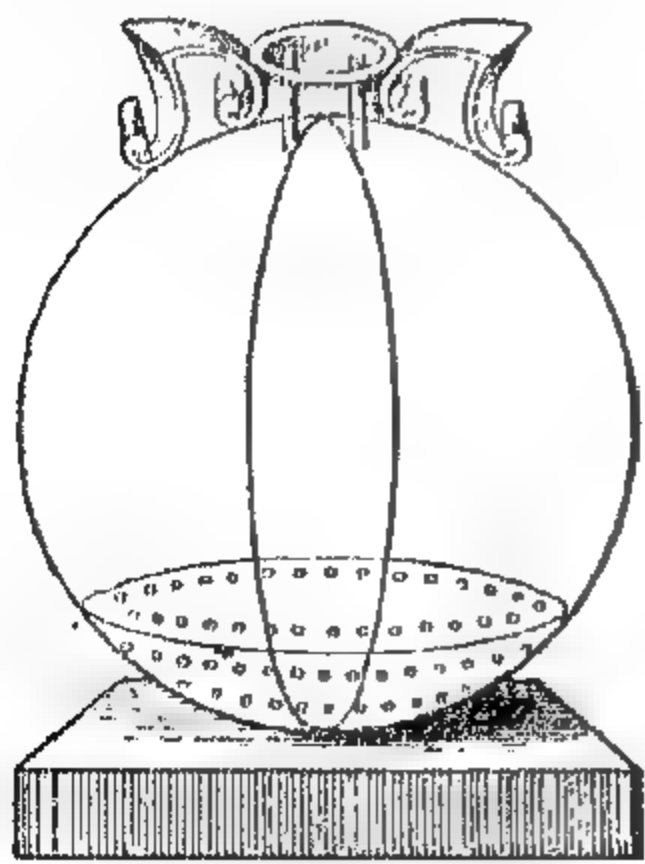
(شكل ٧) الكرة القافزة



(شكل ٦) البارم البخارى

ووجد إيرون أنه إذا غمرت أنبوبة مفتوحة الطرفين في ماء ، ثم سد طرفها العلوى بالإصبع ورفعت إلى أعلى فإن الماء لا ينسكب من الطرف الأسفل إلا إذا رفع الإصبع عن الفوهة العليا . وعلى أساس هذا الكشف صنع الوعاء المعروف باسم الكأس المسحورة ، حيث يكتفى في ملئه بغمره في الماء ، ثم تسد فتحة العليا بالإصبع ، ثم يرفع إلى خارج الماء . ويخرج الماء من أسفله خلال ثقب صغير إذا ما رفع الإصبع .

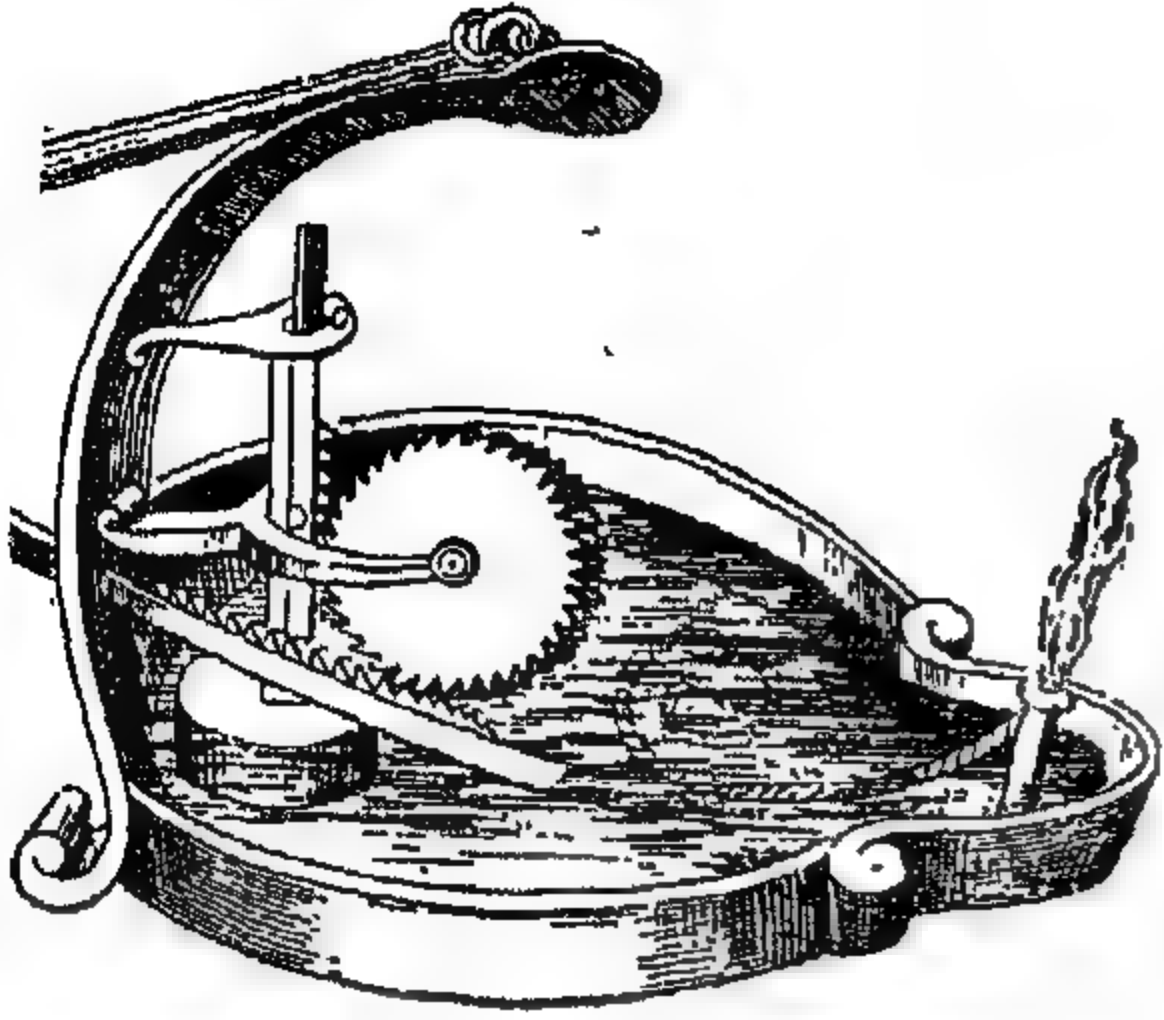
وكان بعض الأواني التي من هذا الطراز يقسم قسمين بفاصل رأسى ، ويملاً أحدهما بنفس الطريقة ماء ويملاً الآخر خمرًا . وكان من عادة الإغريق أن يمزجوا الخمر بالماء ، ويقدموا المزيج قرباناً لألهتهم في المعابد .



(شكل ٩) الكأس المسحورة المزدوجة

(شكل ٨) الكأس المسحورة

وصنع إيرون فتيلاً للمصابيح الزيتية التي كانت شائعة الاستعمال . فكان زيتها



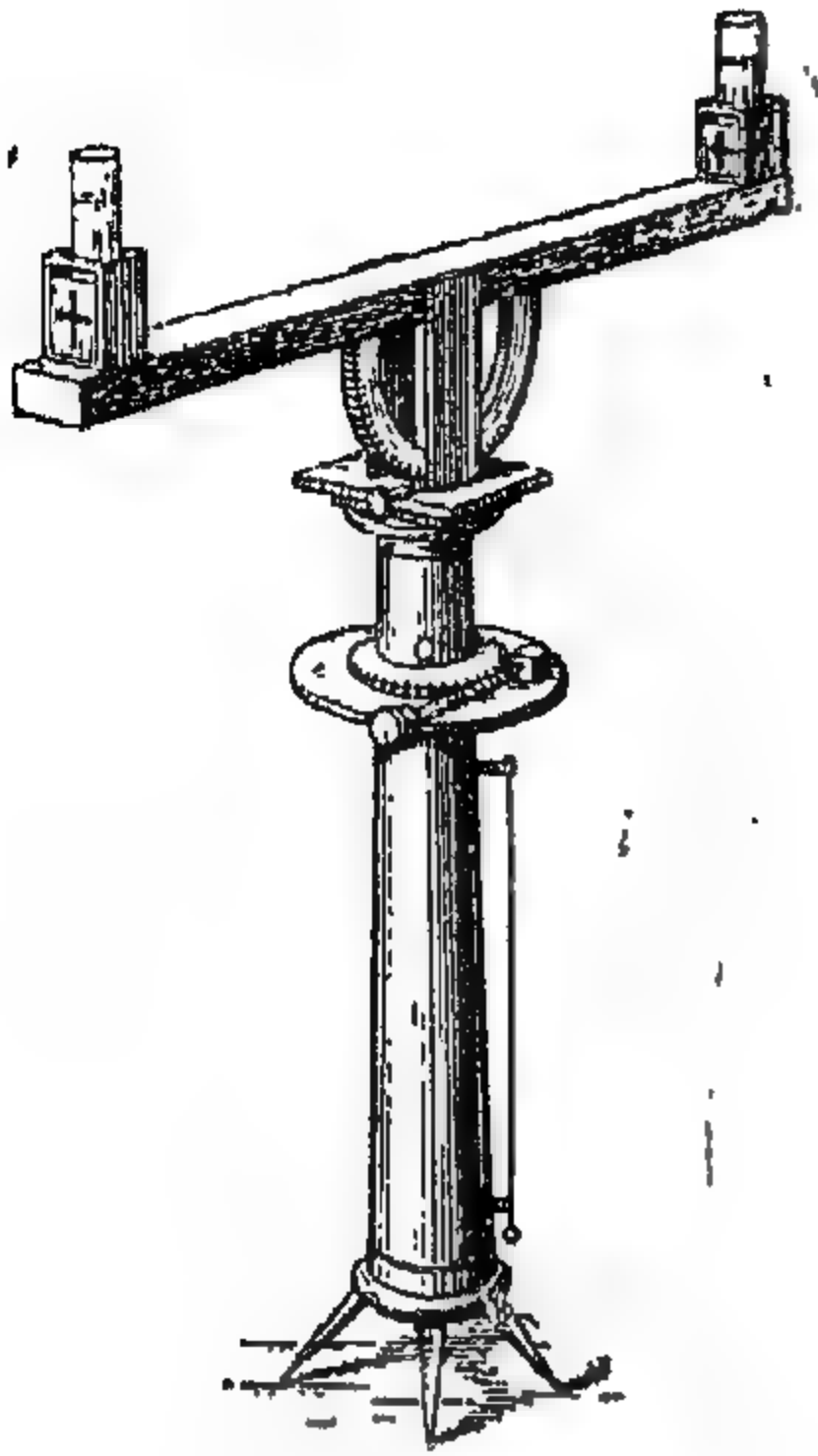
(شكل ١٠) مشكاة إيرون

يشتغل عن طريق الفتيل في إناء مكشوف ،
وكان كلما احترق الزيت احترق الفتيل أيضاً ،
وتحتمت إذن تمليته . فاستطاع إيرون أن يجعل
الزيت نفسه يرفع الفتيل ، وذلك بأن صنع
طوقاً خشبياً يسبح في الزيت ، وينخفض
بالتدريج كلما نضب الزيت فيدير بانخفاضه
عجلة مسننة . وإذا ما دارت العجلة حركت

ساقاً خشبية مسننة أيضاً ربط الفتيل بنهايتها . وبذلك يرتفع الفتيل كلما استهلك الزيت ،
ويظل المصباح موقداً باطراد حتى يجف الزيت تماماً .

أما أهم آلة أدخل فيها إيرون من الإصلاح ما جعلها أدق وأكثر ملاءمة فهي
الآلة المعروفة بميزان التسوية ، والتي لا يمكن أن يستغنى المساح عنها . ومصر تعتمد على
فيضان النيل في زراعتها ، لأن المطر فيها قليل . والمصريون معتادون من قديم الزمان
أن يتحققوا من صحة توزيع الأرض على الزراع قبل الفيضان وبعده ، لكي يسترد كل
مالك أو زارع أجير أرضه . وقد كان المصريون ينصبون في ذلك السبيل كثيراً ، لأنه
كثيراً ما كان يذهب الفيضان بمعالم الأرض . ومسح الأرض فن قديم مارسه المصريون
من قديم الزمان ؛ بل إن علم الهندسة قد وُلد دون شك في مصر لأنه كان ضرورياً ولازماً
في تعيين مساحة الأرض ومعرفة حدودها .

وكان من أهم المسائل المتعلقة بمسح الأرض معرفة متى تكون نقطتان في منسوب
واحد . وهذا ما يصلون إليه اليوم عن طريق ميزان تسوية لو كانت النقطتان متجاورتين ،
أو عن طريق آلة الثيودوليت إذا كانت النقطتان متباعدتين . ولا يخفى أن الثيودوليت
لا تعمل إلا بمنظار (تلسكوب) ، ولم يكن السكندريون يعلمون شيئاً عن المنظار لأنه
لم يكن قد اخترع بعد . ولكن إيرون استطاع أن يتلمس مخرجاً من هذا المأزق ، فأنشأ
صندوقاً طويلاً مملوءاً بالماء ومجهزاً عند كل من طرفيه بفتحتين على شكل صليب ،
وغاقت كل فتحة من الداخل بلوح من الزجاج . ووضعت عند كل فتحة أنبوبة زجاجية



(شكل ١١)

ميزان التسوية لا يرون

تعملو الصليب ، فالأنبوبتان إذن متصلتان معاً ويكون
ماؤهما في مستو واحد ، وإذن يكون الصليبان في منسوب
واحد ، وإذن فكل جسم يرى خلال الصليبين يكون
منسوبه كنسوبيهما ، ويرجح بعض المؤرخين أن إرون
استعمل قضباناً تشبه كثيراً القضبان البيضاء السوداء التي
يستخدمها المساحون اليوم في قياس الأبعاد والمناسيب .

واخترع إرون عدا ذلك حجر الطاحون الميكانيكي ،
والآلة التي تدار بقوة الماء ، وعدداً لقياس المسافة التي
تقطعها سفينة أو عربة ، وجهازاً من المرايا سماه منظاراً .

ولا يزال الكثير من كتب إرون موجوداً إلى
اليوم ، وقد كتبت كلها بالإغريقية لأنها كانت اللغة المستعملة في الإسكندرية منذ
تأسيسها . وعنى إرون في مؤلفاته بجعل براهينه واضحة لتلاميذه ، إذ طالما ألح عليهم
ألا يصدقوا شيئاً بدون برهان .

قال : « من الضروري لكل من يرغب في معرفة فن الميكانيكا أن يعرف أسباب
كل حركة . ومن المهم ألا يُعرض على الطلبة شيء من غير برهان ، وألا يُترك إليهم أمر
مشكوك فيه . وليكن لكل مسألة تقدم لهم حل مقبول . وبذلك تُسترد القواعد التي
كان يعرفها الأقدمون والتي لها علاقة بالموضوع الذي ندرسه » .

لما بدأت الإمبراطورية الرومانية بدورها تتدهور انحطت النهضة العلمية مهددة
أوروبا بمستقبل علمي مظلم ، واندثرت مدرسة الإسكندرية وتهدمت وضاعت كتبها بين
إتلاف وإحراق . وأدى ذلك إلى اقتصار المشتغين بالعلم على فهم ما بقي من تصانيف
السلف ، قانعين بذلك وحده دون العمل على توسيع دائرة العلم . وعدا هذا فإنه لما
ظهرت النصرانية انصرف الأذهان إلى تطبيق الفاسفة على الدين ، وأفضت المجادلات
إلى ما تفضى إليه عادة من الاضطهاد فتم بذلك القضاء على الحركة العلمية . وظل الحال

كذلك حتى القرون الوسطى ، فغمرت الجهالة أوروبا في هذه العصور المظلمة ، وظالت في غمرة الجهل هذه سادرة بضع مئات من السنين ، انقرض خلالها الابتكار ، ولم يبق إلا قليلون جداً أغنموا بالقراءة والاطلاع .

وظل الحال كذلك إلى أن نهض العرب نهضتهم العلمية الكبرى ، فبسطوا العلم من جديد ونشروه من قبره ، مما سنفضله في الفصل التالي .

الفصل الثالث

فيزيقا العرب

إن العوامل التي اشتركت في بناء صرح المدنية الحديثة كثيرة ، والعلم دون شك من أهم هذه العوامل . وطالب العلم طالب حقيقة ، والبحث عن الحقيقة كان ، وما زال ، ولا بد أن يظل أهم عوامل التمدن . وحقائق علم الفيزيقا قد ساهمت بأوفر قسط في هذا الصدد .

ولعلم الفيزيقا اليوم معنى لم يكن له في العصور القديمة ، إذ لم تكن المعارف قد بلغت بعد المرحلة التي يصح أن يحدث فيها تخصص في الفروع فانطوت جميع البحوث الخاصة بالطبيعة وخفايا الكون تحت عنوان الفلسفة ، لأن تخيلات الفلاسفة الأقدمين كانت بطبيعة الحال جامعة اشتملت على كل شيء . ونظراً إلى أن هذه التخيلات كانت نقطة ابتداء البحوث التي أدت إلى الفيزيقا الحديثة فإن مثل بحثنا الحالي لا يصح له بأية حال أن يتجاهلها ، وخصوصاً لأن جزءاً كبيراً من الفلسفة القديمة كان له أثر عظيم في تاريخ الحضارة التي بلغت الأمم ذروتها فيما بعد . ويكفي بصدده ما نبحث فيه الآن أن نقول إن غرض العلم هو الإحاطة بأمور الطبيعة كلها عن طريق أصغر عدد ممكن من الحقائق العامة . غير أن القدرة على التعميم تتضمن تناول الآراء التجريدية ، أي الآراء التي ينحصر الذهن فيها ، ويعتزل كل ما عداها . ولا حاجة بنا إلى القول إنه قد مر زمن لم يكن فيه التجريد في الآراء معروفاً .

لقد كانت الشجرة والكهف أول مساكن الإنسان ، وكانت الغابة المحيطة به معمله ، وكانت آلاته الأولى قاصرة على أظافره وأطرافه وأسنانه ، أي على ما أمدته به طبيعة خلقه وتسكويته . ومع ذلك فإن أولى خطاه في أولى مراحل التفكير جاءت من تجاربه التي علمته أن لديه أسلحة أشد وأمتن غير هذه في الفصون المتكسرة من الأشجار المحيطة

به ، وفي الحجارة التي تحت قدميه . فكانت أولى خطى تقدمه من ثم حصوله على أسلحة أحسن وأقوى . وماذا كانت المرحلة التي تلت هذه ؟ كان قد آن إذ ذاك بلا نزاع الأوان الذي اتجهت فيه رغبة الإنسان إلى إيجاد شروح وتفسيرات لما يرى . ولقد كان حتماً عليه أن تبدو منه هذه الرغبة إذ كان مدفوعاً إليها بطبيعته الآدمية ، بل إن هذه الرغبة بقيت في الإنسان إلى يومنا ، ونحن نراها الآن وسنراها بعد الآن . وفوق هذا فقد كانت الحلول التي وصل إليها بسيطة ومدركة ، إذ كان أساسها الخرافة والخوف مما صرنا نعرف الآن أنه ظواهر فيزيقية تحدث في مدى واسع كبير — كالرعد والبرق والعواصف والفيضانات والزلازل وما إلى ذلك . وهذا عدا اتجاه رغبة الإنسان الكامنة إلى اعتبار هذه الظواهر نتيجة أعمال مخلوقات قوية قادرة ولكنهم خفية . وفي أساطير الأولين ما يدل على كثير . مثال ذلك ما ذهب إليه قدماء الإغريق في تعليلهم وجود زيت البترول من أن النار سرقها من يدعى تيتان برومتيوس وجاء بها إلى الإنسان خلال عود أجوف . وقد عوقب لأجل جريمة السرقة تلك ، فحُيى به إلى بلاد القوقاز والأغلال في عنقه ، ثم مزقت كبده فجرى منها سيل من سائل أسود هو البترول . ومثال ذلك تعليل الجهلة في أيامنا الحاضرة الزلازل بأنها تنشأ من الثور الذي يحمل الأرض فوق أحد قرنيه حين ينقلها بينهما قصد الراحة .

ثم قويت قوة الملاحظة بالتدريج حتى انتظمت وتناسقت ، ولم يصل الإنسان طفرة إلى البراهين العقلية ، بل سبق ذلك الاستنتاج المبني على التجارب والمشاهدات . وظهر علم الفيزيكا أول ما ظهر في بلاد الإغريق في القرن السادس قبل الميلاد ، إذ كان العالم الفيلسوف الإغريق طاليس الميليّتي أول من استكشف في ذلك التاريخ الكهرباء والمغناطيسية . وتلاه العالم فيثاغورس الرياضى فبحث في علم الصوت ، وجاء أرسطو فبحث في العناصر الأربعة وفي الحركة ، ثم جاء أفلاطون وبحث في الحركة نحو مركز الأرض أى في التثاقل . وفي القرن الثالث قبل الميلاد ظهر العالم أرشميدس ، وكان ممن فبعثوا في العصر السكندري من الرياضيين والفيزيقيين كما مر بنا في الفصل الأول .

ولما تغلب الرومان على الإغريق أصبحت الإسكندرية ، وهي دار الثقافة الإغريقية ،

ايلة رومانية ، فكان لذلك أثره البليغ . فالفلسفة الإغريقية تأثرت بحكم الرومان وصارت شيئاً آخر . وشتان بين العلم في جو حر وبينه في جو تسلط فيه الأجنبي . ولذلك بدأت هذه الفلسفة تفقد روح الابتكار والإبداع ، وبدأت تظهر فيها علامات الانحطاط . إزاء هذه الظروف كلها تأثرت مدرسة الإسكندرية الكبرى فتهقرت وكادت تندثر لولا أن قيض الله لها من بين الرومان مركس أوريليوس أنطونيوس ، وكان محباً للعلوم ، فأحيائها من جديد . وظهرت مدرسة الإسكندرية الثانية ، وكان من علمائها الأفاضل بطليموس القلوذى صاحب كتاب المجسطى في علم الفلك وصاحب البحوث في البصريات . ولقد مر بنا في الفصل الثانى ذكر علماء الإسكندرية الأقدمين .

ظهور الإسلام

ولما اندثرت مدرسة الإسكندرية هذه ، وتم القضاء على الحركة العلمية في أوروبا ، ظهر بصيص من الرجاء لإحياء العلوم والأخذ بناصرها من جديد . وقد بزغ هذا النور الجديد من مكان آخر لم يكن يخطر على بال أحد . لقد كان الإسلام هو النور الذى أخرج أوروبا من ظلمات الجهالة ، وكان المسلمون أول من أضاء المشعل إذ ذاك منادين حى على الفلاح ، حى على العلم والإصلاح .

ففى الجهة الشرقية من البحر الأحمر تقع بلاد العرب ، بعضها صحراء شاسعة قاحلة تهب عليها ريح السموم الخانقة ، وبعضها أرض خصبة صالحة للزراع ، وبعضها يتصل بالمحيط الهندى وخليج العجم وهذا الجزء مأهول مزروع بالنخيل وأشجار البن . وكانت بلاد العرب هذه شعوباً وقبائل متنافرة قل أن تنقطع من بينها الحروب . فعند ما نهض سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم سنة سبعين وخمسة مائة ميلادية بأعباء الرسالة ، داعياً إلى عبادة الله الواحد القهار بكل ما فى وسع نبي مرسل من قوة وإيمان ، نجح بعد محاولات كثيرة فى أن يهدى لدين الله قبائل شبه جزيرة العرب كلها تقريباً . وتآلف العرب بعد ذلك وقويت وحدتهم ، وظهرت قوميتهم ، واستيقظوا بعد نومهم الطويل . ثم ظهرت نتائج هذه اليقظة بعد وفاة النبي صلى الله عليه وسلم مباشرة سنة اثنتين وثلاثين وستة مائة ميلادية .

وراصل العرب فتوحاتهم يدفعهم بالأكثر فقر بلادهم المدقع ، فدخلوا دمشق وأورشليم ومصر وشمالي أفريقيا وحاصروا القسطنطينية ، وامتدت فتوحاتهم حتى اشتملت على إسبانيا غرباً وبلاد العجم شرقاً ، أى أن دولتهم امتدت من المحيط الأطلنطى إلى الهند .

ولما استتب الأمر لهم كان أول ما اتجهوا إليه أن أخذوا بناصر العلم في البلاد التي تركه فيها اليونان والرومان . فلم يمض على قيام الإسلام قرن واحد حتى بدى بالنظر في الكتب اليونانية العلمية ونقلها إلى العربية ، وزادت هذه النهضة نشاطاً في العصر العباسي كما هو معلوم . ولم تكن الحركة العلمية مقصورة على فئة أو طائفة دون أخرى ، بل كانت عامة شملت المسلمين وغيرهم من الملل والنحل الخاضعة للإسلام . وكان الخلفاء في بغداد والقاهرة وقرطبة يميلون إلى مجالسة العلماء فكانوا يستدعونهم من كل بقاع الأرض .

ووفد على قرطبة من جميع الجهات طلاب الشعر والأدب والفلسفة والعلوم والشريعة والقانون حتى صارت مجمع العظماء في كل الشؤون ومقام العلماء والمتعلمين . وكان أهم ما اتجهت إليه أنظار علماء العرب الكيمياء والبصريات . ففي الكيمياء استكشفوا فلزات وأحماضاً جديدة ، وعرفوا عمليات التقطير والترشيح والتبلور ، ووقفوا على طريقة خايط الفلزات المختلفة لكي يصنعوا منها سبائك جديدة . ونبغوا في صناعة السيوف والمشاغل وهي السيوف القصيرة المقوسة التي كان ينجسها عساكر النصارى . وسنرى بعد ما بلغوه في البصريات على يد الحسن بن الهيثم .

بحوثهم في الميكانيكا

وخطت العلوم الرياضية والفلكية خطوات واسعة في عصر التمدن الإسلامي ، واشتملت بحوثهم الرياضية على بعض فروع علم الميكانيكا الخالي كرا كز الأثقال ، ولهم في ذلك مؤلفات هي كتب « الحيل » يعنى الميكانيكا . ومن أشهر ما كتب في هذا الصدد كتاب « الجامع بين العلم والعمل » لمؤلفه أبى العز اسماعيل الجزرى ، فهو يمثل ما بلغه علم الميكانيكا من الرقي في القرن الثالث عشر ، وإن يكن هذا الكتاب إلى كتب الصناعة أقرب منه إلى كتب العلم النظري . ولأبى الريحان البيروني كتاب « الآثار الباقية »

وفيه شرح وتطبيق لبعض الظواهر المعروفة في علم الإيدروستاتيكا ، مثل صعود مياه الفوارات والعيون إلى أعلى ، وتجمع مياه الآبار بالرشح الجانبي ، وموازية سطوح هذه المياه لسطوح المياه القريبة منها ، وكيفية دوران العيون وإمكان صعود مياهها إلى القلاع ورؤوس المغارات . والشرح هنا يكاد يشبه ما هو مذكور في كتب « الطبيعة » الأولية التي يدرسها طلبة المدارس في الوقت الحاضر . ومن كتبهم في الإيدروستاتيكا والميكانيكا « كتاب ميزان الحكمة » وهو الكتاب الذي كتب في القرن الحادى عشر ولا يعرف مؤلفه ، وإن كان البعض ينسبه إلى الخازنى والبعض ينسبه إلى الحسن بن الهيثم . ويبحث هذا الكتاب في الضغط الجوى فيكون مؤلفه قد سبق تورشيلي الإيطالى بخمسة قرون على الأقل في بحثه في الضغط الجوى . وعدا هذا فالكتاب يتضمن بحثاً في مراكز الأثقال واتزان الميزان والقبان وفي جاذبية الأرض . ومن الغريب أن الكتاب قد ذكر العلاقة الصحيحة بين سرعة الجسم الساقط والبعد الذى يقطعه والزمن الذى يستغرقه ، وهى تلك العلاقة التى تنص عليها الكتب الحديثة فى صيغة قوانين ومعادلات منسوبة إلى غاليليو فى القرن السابع عشر . وبهذا الكتاب جداول لكثافات الأجسام ، ووصف لموازين مختلفة الأشكال ، وذكر لمقياس الكثافة .

على أن العرب فى بغداد ودمشق والقاهرة وقرطبة كانوا يعرفون قاعدة أرشميدس التى سبق لنا ذكرها فى الفصل الأول ، وهى « أن وزن الجسم فى الماء أقل من وزنه فى الهواء ، وأن الفرق بين الوزنين يساوى وزن الماء الذى يزيغه الجسم أى المعادل له حجماً . وأن وزن الجسم الطافى على الماء يساوى وزن ما يزيغه منه ، أى يساوى وزن الماء الذى يعادل حجمه حجم الجزء المنغمر » . وكانوا أول من ابتدعوا فكرة « الوزن النوعى » قائلين إنه يمكن الحصول عليه بالنسبة لأى جسم بقسمة وزنه على وزن الماء المعادل له حجماً . وهذا التعريف مستعمل حتى الآن . بل إن العرب خطوا بعد ذلك خطوة أخرى نراها فى كتاب « ميزان الحكمة » حيث قالوا إن الوزن الحقيقى للجسم لا يمكن أن يكون وزنه المقيس فى الهواء ، لأن الهواء كالماء يدفعه إلى أعلى فينقص من وزنه . وتلك المشاهدة كانت الأساس الذى انبنى عليه فيما بعد اختراع البارومتر ومفرغة الهواء مما سنتناوله

بالشرح فيما سيجيء من فصول هذا الكتاب .

في علم الصوت

اشتغل العرب بعلم الصوت ولهم في الموسيقى تصانيف ضمنوها بحوثاً في منشأ الأصوات وكيفية انتقالها واختلاف بعضها عن الآخر وما إلى ذلك من موضوعات علم الصوت الحديث . وكانوا يعلمون أن منشأ الأصوات حركة الأجسام المصوتة ، وأن هذه الحركة تنتقل في الهواء على هيئة موجات كرية تضعف كلما اتسعت الكرة . وقد جاء في كتاب « البرهان في أسرار الميزان » للجلدكي : أن التموج الذي يحدث « ليس المراد منه حركة انتقالية من ماء أو هواء واحد بعينه بل هو أمر يحدث بصدم بعد صدم وسكون بعد سكون » وهذا هو المعبر عنه في كتب الصوت الحديثة بالتضاغط والتخلخل . ونجد في « رسائل أخوان الصفا وخلان الوفا » أنهم قسموا الأصوات إلى أنواع ، منها « الجهير » و « الخفيف » ومنها « الحاد » و « الغليظ » . وهذا التقسيم يتفق والتقسيم الحديث من حيث التباين في الشدة والدرجة .

فالأصوات الكبيرة الشدة سميت « جهيرة » والعالية الدرجة سميت « حادة » وعزوا الأولى إلى ضخامة الأجسام المصوتة وكثرة تموج الهواء بسببها ، ونسبوا تباين أصوات الحيوانات ذوات الرئة إلى تباين أطوال أعناقها وسعة حلاقيعها وتركيب حناجرها . أما أصوات الزنابير والجراد والصراصير فقد نسبوها إلى تحريك الأجنحة كما تحدث الأصوات عند تحريك أوتار الآلات الوترية من أمثال البيانو والعود والقانون والكمنجة ، أما اختلاف أصواتها فيكون بحسب لطافة أعضائها وغلظها وطولها وقصرها . وأما عن اهتزاز الأوتار فقد قالوا إنها إذا تساوت في الطول والغلظ و « الحزق » أي التوتر ، ثم نقرت كانت أصواتها متساوية ، وإذا تساوت في الطول والحزق واختلفت في الغلظ كانت أصوات الغليظ منها أغلظ . وإذا كانت متساوية في الطول والغلظ واختلفت في الحزق ، كانت أصوات الحزوقة حادة وأصوات المسترخية غليظة . وإن كانت متساوية في الطول والغلظ والحزق واختلفت في النقر ، كان أشدها نقرا أشدها صوتا . ونرى الجلدكي في كتابه « البرهان في أسرار الميزان » قد علل الصدى بأنه يحدث عن انعكاس الهواء المتموج من مصادمة عال

كجبل أو حائط . وقال إنه يجوز ألا يقع الشعور بالانعكاس لقرب المسافة فلا يحس بتفاوت زمانى الصوت وعكسه . وكل هذا يدل على أن العرب أحاطوا بالحقائق الأساسية فى علم الصوت ، وعلى أن كثيرا من المعلومات الحديثة التى يظن كثيرون منا أنها من مستحدثات الغرب وكشوفه كانت معروفة وشائعة لديهم .

فى علم الحرارة

نهج العرب فى بحوثهم الحرارية منهج فلاسفة الإغريق وعلى رأسهم أرسطو ، فكانت بحوثهم سطحية . ثم تطرق إليها من الأوهام ما باعد بينها وبين العلم الصحيح الحديث . وخير من ألف منهم فى الحرارة أبو على بن سينا الشيخ الرئيس الملقب بأرسطو العرب ، وهو العبقرى الفذ الذى أنجبتة الدولة الإسلامية العربية مع أنه فارسى لا عربى . تكلم عن البخار والتكاثف والتقطير ، وعلل تكون السحب وحدث الأمطار والثلوج والرياح والضباب بما يقرب كثيرا من التعليلات العلمية الحاضرة .

قال الأستاذ نظيف فى كتابه « علم الطبيعة » ما يأتى : —

« عنى من غير فريق الفلاسفة علماء الكيمياء ببعض الظواهر الأولية فى الحرارة كالتصعيد والتقطير والبخر ، ولكنهم لم يدرسوها بل اكتفوا بتطبيقها فى مباحثهم الكيماوية . وعلم الحرارة الحديث أساسه فكرة درجة الحرارة وقياسها . ونظرية العناصر كان يصحبها القول بأن الحرارة توجب الحركة إلى أعلى ، والبرودة توجب الحركة إلى أسفل . وهذا جعل بعض علماء العرب يرى أن صعود الجسم إلى أعلى يشتد بشدة حرارته ، ويضعف بضعفها ، ونزوله يشتد ويضعف بحسب حالة برودته ، وهذا يتضمن إدراك الفكرة الجوهرية التى تتفق والنظرية الشائعة فى تلك العصور ، ويمكن على حسبها عمل جهاز يصابح لقياس درجات الحرارة . ولكن لم يتوصل أحد من علماء العرب على ما نعلم إلى اختراع جهاز يصلح لذلك إلا ما أشار إليه درابر فى كتابه « تقدم أوروبا العقل » من أنهم استخدموا الأيدرومتر لقياس درجة الحرارة . »

والأيدرومتر هو مقياس الكثافة المذكور فى كتاب « ميزان الحكمة » .

في المغناطيسية والكهربائية

لم تكن للعرب في المغناطيسية بحوث تذكر ، ولكنهم كانوا يعرفون أن المغناطيس يجذب إليه الحديد ، وأنه يتجه وأحد طرفيه يشير نحو الشمال والآخر نحو الجنوب تقريبا . وكان هذا معروفا من عهد طاليس الذي مر بنا ذكره ، كما أنه كان معروفا أيضا أن الكهرباء إذا دلكت جذب زغب الريش وقطع الورق والقش الخفيف .

وكان العرب يستعملون الإبرة المغناطيسية لمعرفة الجهات ، ففي الجزء الثاني من كتاب « مسالك الأبصار في ممالك الأمصار » لابن فضل الله العمري ، وهو موسوعة عربية كبيرة ظهرت في عهد قلاوون سلطان مصر ، ولم تصدر منها دار الكتب العربية إلا جزءا واحدا فقط مع الأسف ، مع أن هذه الموسوعة من أمهات الكتب ، ويكفي للإشادة بذكرها أن نقول إنها كانت أكبر ينبوع أخذ عنه القلقشندي كتابه « صبح الأعشى » — نقول في الجزء الثاني منه في الفصل الثاني من الباب الثالث الخاص بالبحار تحت عنوان « في ذكر الرياح وصورة القنباص » نجد شرحا مستفيضا لوصف تركيب « القنباص » واستعماله . وكلمة « القنباص » هذه معربة عن لفظ Compass الفرنجى بمعنى البوصلة أو بيت الإبرة . وقد ذكر بهاء الدين العاملى في كتابه « الكشكول » تجربة بسيطة في التغطس منقولة عن نصير الدين الطوسى .

على أن العرب لم يسلخوا من بعض الخرافات ، فقد ذاعت لديهم بعض آراء وهمية عن وجود أنواع مختلفة من المغناطيس تجذب الفضة والذهب ، مع أن الثابت أن المغناطيسية لا تؤثر إلا في الحديد وبعض مواد أخرى ليس منها الذهب ولا الفضة . وأما في الكهرباء فاعمالهم فيها معدومة . والحق إن علمى الكهرباء والمغناطيسية لم توضع مبادئهما الأساسية ، ولم تدرس ظواهرها إلا بعد عصر النهضة . وسنتناول ذلك فيما سيجيء عند التحدث عن وليم جلبرت مبتكر علمى المغناطيسية والكهربائية .

لم يبق إلا علم الضوء ، وللعرب فيه شأن كبير . وقد رأينا أن نفرد له فصلا خاصا يتناول أشهر عالم عربى اشتغل بالبحث فيه وهو الحسن بن الهيثم .

الفصل الرابع

الحسن بن الهيثم وعلم الضوء

كان من أفذاذ علماء الفيزيكا ، ولكنه خص علم الضوء بجزء كبير من عنايته فبلغ فيه مبلغا لم يصل إليه أحد من قبله . بل تدل بحوثه على أن معلوماته في الضوء في الموضوعات التي عالجها ، وكذلك طرق معالجته لها ، لا تختلف كثيرا عما هو معلوم ومتبع في الوقت الحاضر . وقد مر بنا في الفصل الماضي أن بعض المؤرخين يذهب إلى أن الحسن هذا هو واضع كتاب « ميزان الحكمة » فإذا صح ذلك فإن مكانته في علم الميكانيكا لم تكن بأقل منها في علم الضوء . جاء عنه في كتاب « إخبار العلماء بأخبار الحكماء » لمؤلفه الوزير جمال الدين أبي الحسن علي بن القاضي الأشرف يوسف القفطى ما يأتي : —

« الحسن بن الحسن بن الهيثم أبو علي المهندس البصري ، نزيل مصر ، صاحب التصانيف والتأليف المذكورة في علم الهندسة . كان عالما بهذا الشأن ، متقنا له ، متفنانا فيه ، قيما بغوامضه ومعانيه ، مشاركاً في علوم الأوائل . أخذ الناس عنه واستفادوا منه . بلغ الحاكم صاحب مصر من العلويين ، وكان يميل إلى الحكمة ، خبره وما هو عليه من الإتيقان لهذا الشأن فتأقت نفسه إلى رؤيته . ثم نقل له عنه أنه قال : لو كنت بمصر لعمات في نيلها عملا يحصل به النفع في كل حالة من حالاته من زيادة ونقص ، فقد بلغني أنه ينحدر من موضع عال ، وهو في طرف الأقاليم المصرية . فازداد الحاكم إليه شوقا ، وسير إليه جملة من مال ، وأرغبه في الحضور . فسافر نحو مصر : ولما وصلها خرج الحاكم للقاءه ، والتقىا بقرية على باب القاهرة المعزية تعرف بالحنديق ، وأمر بإنزاله وإكرامه . وأقام ريثما استراح وطالبه بما وعد به من أمر الدليل ، فسار معه جماعة من الصناع المتواين للعمارة بأيديهم ليستعين بهم على هندسته التي خطرت له . ولما سار إلى الأقاليم بطوله ورأى آثار من تقدم من ساكنيه من الأمم الخالية ، وهي على غاية من أحكام الصنعة وجودة الهندسة ، وما

اشتملت عليه من أشكال سماوية ومثالات هندسية وتصوير معجز ، تحقق أن الذى يقصده .
 ليس بممكن ، فإن من تقدموه لم يغرب عنهم علم ما علمه ، ولو أمكن لفعلا . فانكسرت
 همته ، ووقف خاطره . ووصل إلى الموضع المعروف بالجنادل قبلى مدينة أسوان ، وهو موضع
 مرتفع ينحدر منه ماء النيل فعائنه وباشره واختبره من جانبيه فوجد أمره لا يمشى على
 موافقة مراده ، وتحقق الخطأ عما وعد به ، وعاد خجلا منخدلا ، واعتذر بما قبل الحاكم
 ظاهره وواقفه عليه . ثم إن الحاكم ولأه بعض الدواوين ، فتولاها رهبة لا رغبة . وتحقق
 الغلط فى الولاية ، فإن الحاكم كان كثير الاستحالة صريحا للدماء بغير سبب أو بأضعف سبب
 من خيال يتخيله . فأجال فكرته فى أمر يتخلص به فلم يجد طريقا إلى ذلك إلا إظهار
 الجنون والخبال . فاعتمد ذلك وشاع . فأحيط على موجوداته بيد الحاكم ونوابه ، وجعل
 برسمه من يخدمه ويقوم بمصالحه . وقيد وترك فى موضع من منزله . ولم يزل على ذلك إلى
 أن تحقق وفاة الحاكم ، وبعد ذلك ببسير أظهر العقل وعاد إلى ما كان عليه . وخرج من
 داره ، واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر أحد جوامع القاهرة ، وأقام بها متنسكا متقنعا .
 وأعيد ما له من تحت يد الحاكم ، واشتغل بالتصنيف والنسخ والإفادة . وكان له خط قاعد
 فى غاية الصحة . وذكر لى يوسف الناشئ الإسرائيلى الحكيم نزىل حلب قال : سمعت
 أن ابن الهيثم كان ينسخ فى مدة سنة ثلاثة كتب فى ضمن أشغاله ، وهى إقليدس والمتوسطات
 والمجسطى ويستكملها فى مدة السنة ، فإذا شرع فى نسخها جاءه من يعطيه فيها مائة وخمسين
 دينارا مصرية . وصار ذلك كالرسم الذى لا يحتاج فيه إلى مواكسة ولا معاودة قول ،
 فيجعلها مؤنته لسنته . ولم يزل على ذلك إلى أن مات بالقاهرة فى حدود سنة ثلاثين وأربعمائة
 أو بعدها بقليل والله أعلم : ورأيت بخطه جزءا فى الهندسة وقد كتبه فى سنة اثنين وثلاثين
 وأربعمائة ، وهو عندى لله المنة . »

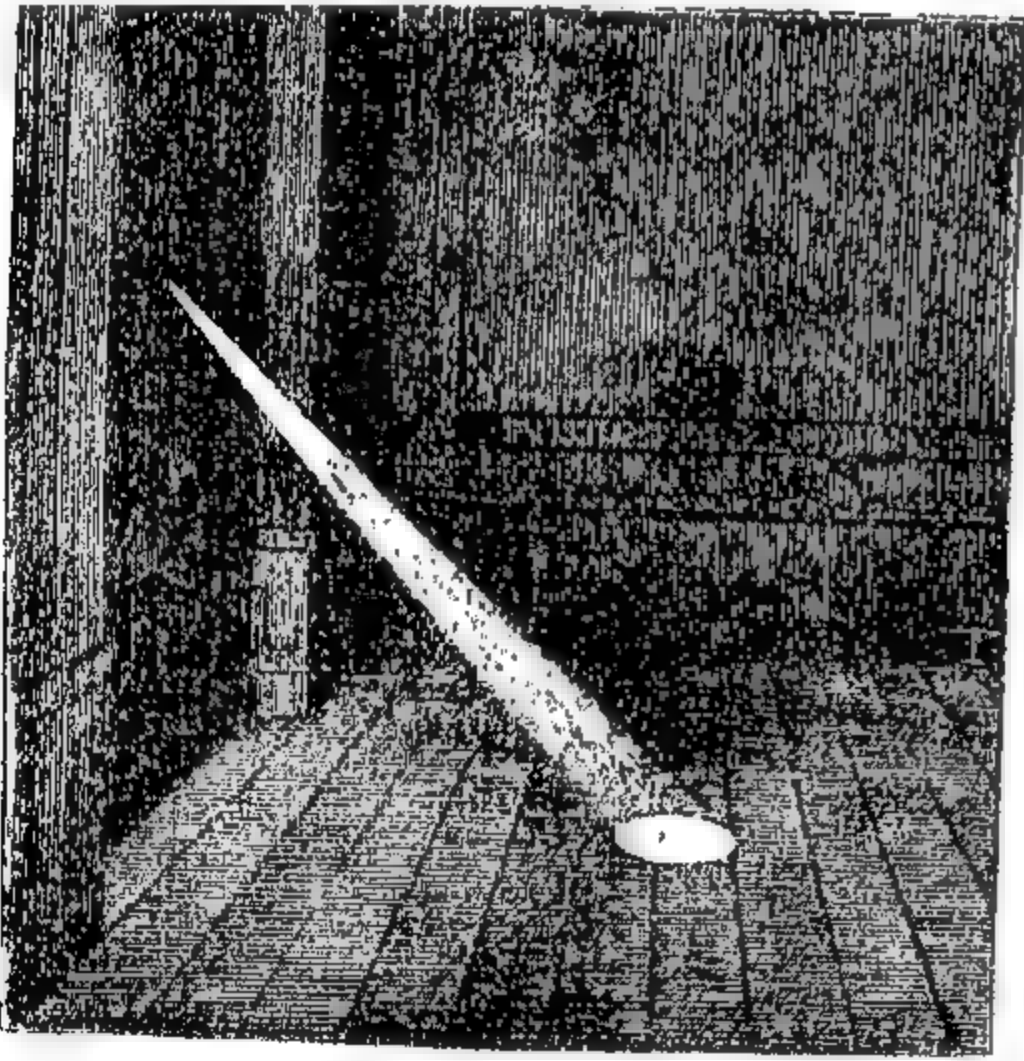
وبعد ذلك ذكر القفطى مصنفات ابن الهيثم وتبلغ نيفا وستين كتابا ، منها ما يبحث
 فى علم الفلك ومنها ما يبحث فى الرياضيات ، ومنها ما يبحث فى الضوء أو البصريات .
 ومن كتبه فى الضوء « كتاب اختلاف المناظر » و « كتاب المرايا المحرقة » و « كتاب
 كيفية الإظلال » و « كتاب الهالة وقوس قزح » .

وقد ذكرته دائرة المعارف البريطانية بما لا يخرج عن ذلك، وكذلك ذكره فلوريان كاجورى فى كتابه « تاريخ الفيزيكا » وذكره العلامة جبسون فى كتابه « أبطال العلم » . والأستاذ نظيف فى كتابه « علم الطبيعة » ويقول عنه الطبيب ماكس مايرهوف فى كتاب « تراث الإسلام » الذى أخرجته مطبعة جامعة اكسفورد سنة ١٩٣١ ما يأتى : « إن مؤلفه الرئيسى كان فى البصريات ، وأصله العربى مفقود ، ولكن توجد للكتاب الآن نسخة لاتينية » ويشتمل هذا الكتاب أيضا على كثير من بدائع علم الهندسة ، ومن ضمنها الحل الهندسى لكيفية إيجاد نقطة فى مرآة مقعرة إذا سقط عليها شعاع من نقطة معلومة انعكس الى نقطة أخرى معلومة . وعلى ذلك فكل ما سننقله من كلامه إنما هو مترجم عن الانجليزية عن اللاتينية عن الأصل العربى الذى كتبه هو .

والحق إن ما خلفه ابن الهيثم فى الضوء يشهد برقى هذا العلم فى زمنه رقىا لم يبلغه فى عصر التمدن الإسلامى . وقد كان ابن الهيثم يعتبر الضوء نوعا من نار تنعكس عند حافة الأفق الكرية . وكتب بصدد قوانين انتشار الضوء ما ثبت أنه ينتشر فى خطوط مستقيمة . قال : « إذا دخل ضوء الشمس أو ضوء القمر أو ضوء النار فى حجرة مظلمة خلال ثقب ضيق ، وكان هواء الحجرة مملوءا بدقائق الهباء ، فإن الضوء الداخلى من هذا الثقب يمكن رؤيته مختلطا بالتراب (وفى هذا إشارة إلى أن الضوء نفسه لا يرى منفردا) . ويرى أيضا على أرض الحجرة أو فوق الجدار المقابل وهو يسير خلال الثقب إلى الأرض أو إلى الجدار فى خطوط مستقيمة . وذلك لأنك إذا وضعت عصا مستقيمة فى محاذاة الضوء المنظور لرأيتة ينتشر على طولها . ولكن إذا لم يوجد تراب بجو الحجرة وظهر الضوء فقط على أرضها أو على جدارها المقابل للثقب ، ثم وضعت عصا بين الثقب والجزء المضىء ، أو مددت بينهما خيطا ، أو جئت بجسم ووضعته بين الجزء المضىء وبين الثقب صار الضوء منظورا ، وظهرت هذه الأشياء كلها . وفى حالة تعريض الجسم الأخير المعتم يمتص الضوء من المكان الذى كان فيه ظاهرا . فإذا تحرك هذا الجسم جيئة وذهابا فى الفضاء المحدد بالعصا أو بالخيط استمر الضوء ظاهرا فوقه . وإذن فالضوء يسير فى خطوط مستقيمة من الفتحة إلى الجزء الذى يكون فيه ظاهرا » .

هذه العبارة مترجمة عن الإنجليزية عن الترجمة اللاتينية لكتاب «اختلاف المناظر» . وقد عثر الأستاذ عبد الحميد حمدى مرسى على مقالة لابن الهيثم « فى الضوء » فعاق عليها تعليقا قيما ، وقامت بطبعها ونشرها من جديد مع التعليق جمعية العلماء . وقد جاء فى هذه المقالة بهذا الخصوص ما يصح أن نثبتته هنا بالحرف للموازنة بين التعبيرات الحديثة وتعبيرات ابن الهيثم . قال ابن الهيثم :

« هذا المعنى قد بيناه فى كتابنا فى المناظر بياناً مستقصى ، ولكننا نذكر الآن منه طرفاً يقنع فيما نحن بسبيله فنقول : إن امتداد الضوء على سموت خطوط مستقيمة يظهر ظهوراً بيناً من الأضواء التى تدخل من ثقب إلى البيوت المظلمة فإن ضوء الشمس وضوء القمر وضوء النار إذا دخل فى ثقب مقتدر إلى بيت مظلم وكان فى البيت غبار أو أثر فى البيت غبار فإن الضوء الداخلى من الثقب يظهر فى الغبار المازج للهواء ظهوراً بيناً ، ويظهر على وجه الأرض أو على حائط البيت المقابل للثقب ، ويوجد الضوء ممتداً من الثقب



إلى الأرض أو إلى الحائط المقابل للثقب على سموت مستقيمة . وإن اعتبر هذا الضوء الظاهر يعود مستقيماً وجد الضوء ممتداً على استقامة العود ، وإن لم يكن فى البيت غبار وظهر الضوء على الأرض أو على الحائط المقابل للثقب ، ثم جعل فيما بين الضوء والثقب جسم كثيف ، ظهر الضوء على ذلك الجسم الكثيف (شكل ١٢) الضوء ينتشر فى خطوط مستقيمة

وبطل من الموضع الذى كان يظهر فيه . ثم إن حرك الجسم الكثيف فى المسافة الممتدة على استقامة العود وجد الضوء أبداً يظهر على الجسم الكثيف فيتبين من ذلك أن الضوء يمتد من الثقب إلى الموضع الذى يظهر فيه الضوء على سموت خطوط مستقيمة » .

والضوء حقيقة يسير فى خطوط مستقيمة ما دام يسير فى الهواء أو فى نفس المادة . فإذا اعترضت مرآة مسير الشعاع فى حجرة مملوءة جوها بدقائق الهباء ، ارتدت حزمة الضوء وسارت فى اتجاه يخالف اتجاهها الأصلي . ولم تغب هذه الحقيقة عن الحسن ، بل إنه أجرى

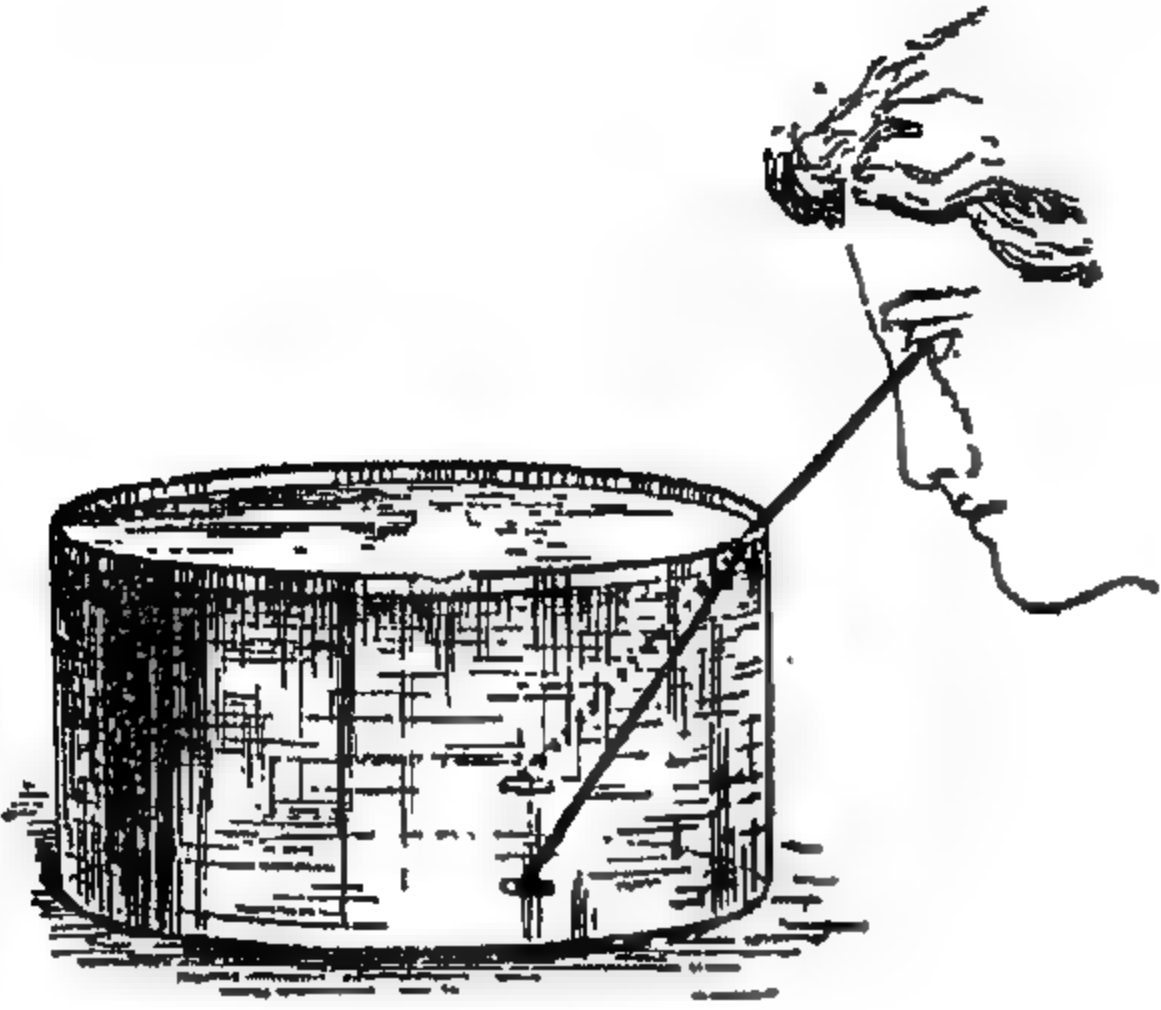
تجارب عدة في هذا الصدد وعين اتجاه الحزمة المنعكسة . وكان الرجل قد قرأ ما كتبه علماء الإغريق في البصريات ، وعلم منه أن الحزمة المنعكسة تصنع مع المرآة زاوية تساوي الزاوية التي تصنعها معها الحزمة الأصلية . فأضاف إلى ذلك أمراً آخر غاية في الأهمية . فلقد وجد أنه إذا وضع سطح منبسط كسطح الورق المقوى مثلاً ملاقياً المرآة ، وكان يمس الحزمة الأصلية الساقطة والحزمة المنعكسة ، كان سطح الورقة عمودياً على سطح المرآة . وهذا هو القانون الثاني في الانعكاس ، وهو مذكور في كتب الضوء الحديثة وإنما بهذه الصيغة « إن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمودى على السطح في مستو واحد » . وهذا القانون الذى استكشفه ابن الهيثم يفسر لنا سبب رؤيتنا الأشجار منعكسة في صفحة ماء نهر أو غدير وهى مقلوبة الوضع في اتجاه عمودى إلى أسفل لا مائلة إلى اليمين ولا إلى اليسار . يعنى أننا إذا جئنا بسطح منبسط كبير وجعلناه في وضع رأسى على الماء فإن هذا السطح إذا مر بالشجرة فلا بد أن يمر أيضاً بصورتها المنعكسة في الماء .

ويعبر عن قلب الصور في كتب الضوء الحديثة بعكس الوضع الناشئ عن الانعكاس . بمعنى أن يمين الجسم يكون شمال الصورة ، وشماله يكون يمينها . ونرى هذا واضحاً إذا وقف أحدنا أمام مرآة وحرك ذراعه اليمنى فإن الذراع اليسرى للصورة هى التى تتحرك . ويحضرنى بهذه المناسبة شعر رقيق فى الشكوى للشاعر المتوارى الأديب المرحوم الأستاذ محمد فخرى الذى توفى فى يوليه سنة ١٩٣٩ ضمنه هذا المعنى العلمى قال :

كأنك مرآتى تصفحت وجهها نحات بها زور الخيال يميناً
رأيت أخى طولا وعرضاً وقامة ووجها ومثلى شقوة وشجوناً
مددت يدي أبغى السلام تودداً فمد شمالاً إذ مددت يميناً
فأيقنت أنى قد خدعت وطالما وفيت فهل لى أن أكون أميناً؟

وقد فسر الحسن هذه الصور الخيالية أو التقديرية كما تسمى الآن بأن العين دائماً ترى الأشياء حسب اتجاه دخول الحزمة الضوئية فيها . وأثبت ضلال الرؤية بمثل توضيحي آخر . ذلك أنك إذا رميت بقطعة من النقود فى قعر وعاء ، ثم ابتعدت عن الوعاء متقهقراً وأنت مصوب بصرك إلى القطعة فيه حتى تحجبها حافته فإنها تختفى بطبيعة الحال عن

ناظريك . ولكن إذا صب أحد الماء بعد ذلك في الوعاء ظهرت قطعة النقود ثانية وأمكنك أن تراها وأنت في المكان الذي احتجبت فيه عن ناظريك . وذلك لأنها تكون قد ارتفعت ظاهريا مع أنها في الحقيقة بقيت ملاصقة قعر الإناء .

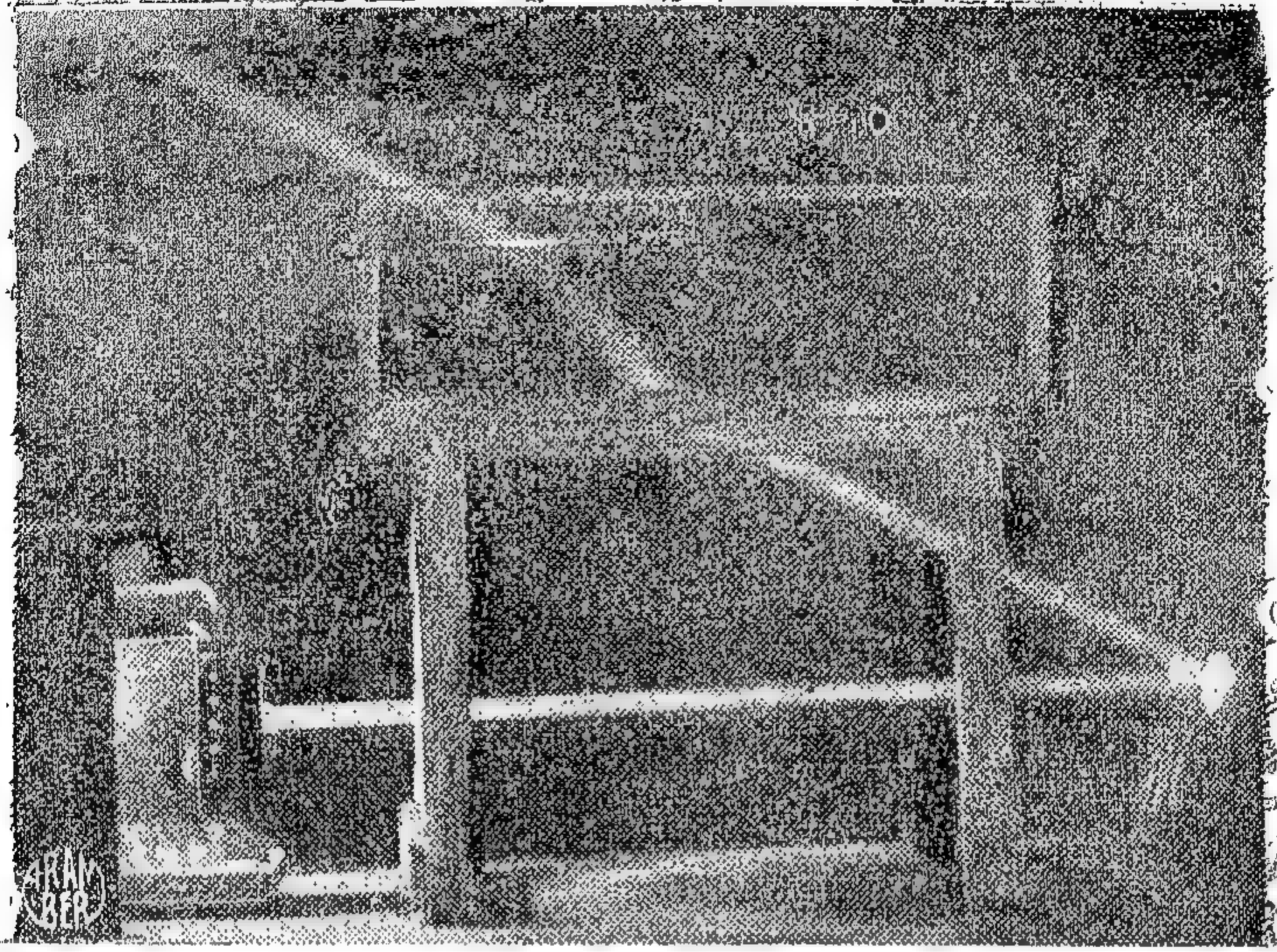


(شكل ١٣) انكسار الضوء وظهور الجسم المغمور في الماء

ويقول الحسن إن هذه حالة أخرى لضلال الرؤية سببه انعطاف الحزمة الضوئية — وتلك هي ظاهرة الانكسار . وقد أثبت هذا الانعطاف بتجربة أخرى ظاهرة جلية . وذلك

أنه جاء بإناء زجاجي واسع ، ثم ملأه ماء مخلوطا ببضع قطرات من اللبن ، وحمله بعدئذ إلى حجرة مظلمة ينبثق فيها الضوء من ثقب في الجدار على شكل حزمة ضوئية . وقد وجد أنه لما اعترض الإناء بمائه حزمة الضوء بدت الحزمة وكأنها انكسرت عند سطح الماء فانهطفت مائلة نحو أرض الحجرة . ولا يخفى أن الضوء ظهر في الهواء عن طريق مابه من تراب ، وفي الماء عن طريق مابه من لبن . وقد أثبت الحسن أن الحزمة تحت الماء تميل على سطحه بزاوية أكبر من زاوية ميل الحزمة الأصلية ، ولكنه لم ينجح في إيجاد العلاقة بين الزاويتين ولم تستكشف هذه العلاقة إلا بعد ذلك بعدة قرون ، وهي المشهورة في كتب الضوء الحديثة بالقانون الثاني في الانكسار .

وكان الحسن مغرما ببحث أنواع الخدع البصرية كلها . ومن بين هذه الخدع واحدة تراها كلنا كل يوم ، ويظنها معظمنا حقيقة وهي عين الضلال . فالشمس والقمر يبدوان أكبر عند الشروق أو الغروب منهما عند ما يكونان مرتفعين في كبد السماء . فأثبت الحسن أن الحجم الظاهر في الحالتين واحد في الحقيقة ، وذلك بتجربة بسيطة جدا يستطيعها كل واحد منا ، هي أنه أخذ قطعة من النقود و بسط ذراعه بها معرضا إياها للقمر عند شروقه حتى غطته بأجمعه ، ثم لما ارتفع القمر وضع القطعة بينه وبين عينه وعلى نفس البعد منها ، فوجد أنها غطته بأكمله . وهذا من الوجهة الهندسية يثبت أن حجمي القمر في الموضعين

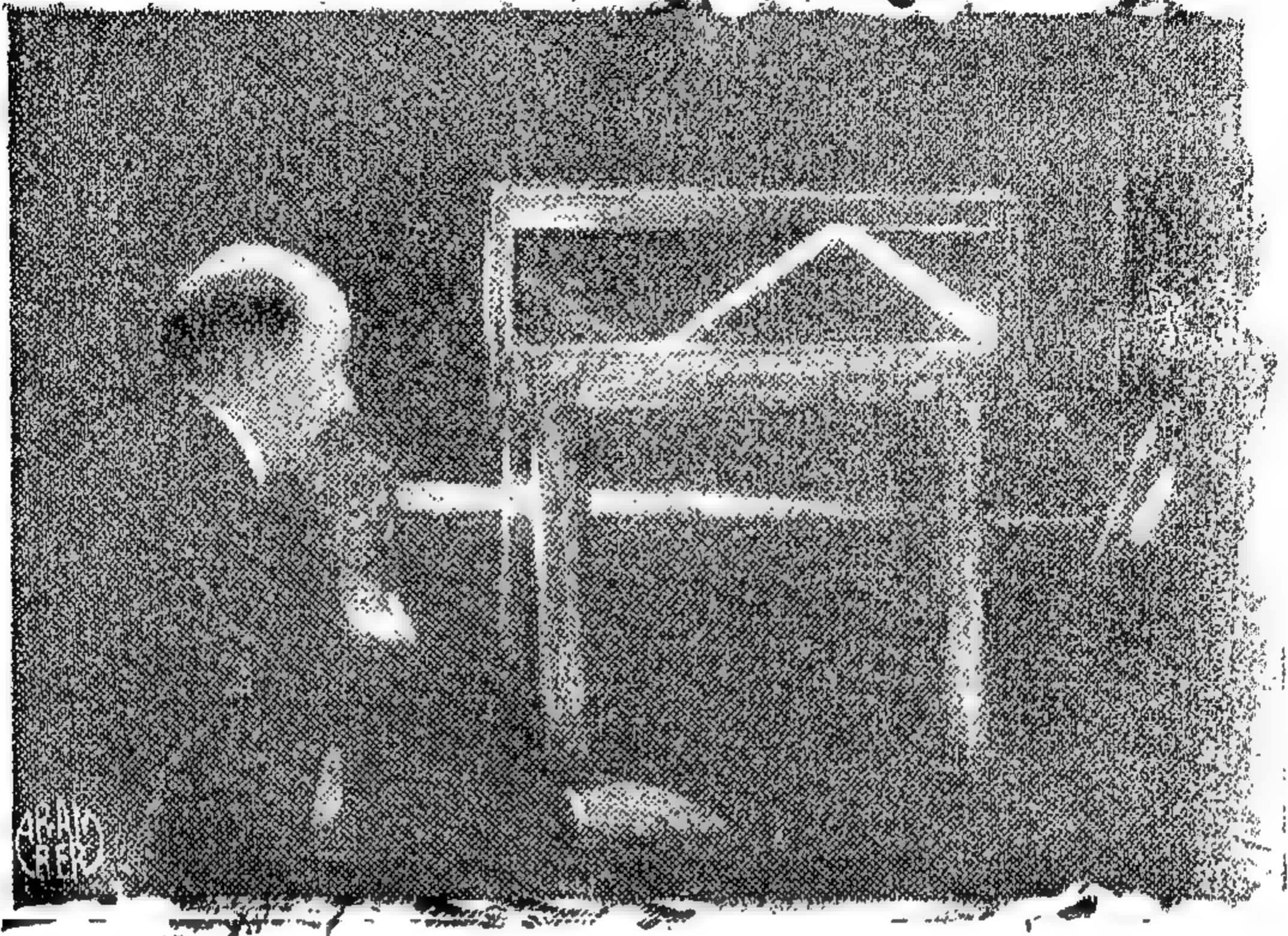


(شكل ١٤) إعادة لتجربة الحسن تمثل الشعاع الساقط والمنكسر والخارج

متساويان . ولكنه إذا كان وهو يجري تجر بته والقمر مرتفع في السماء يرى صورة له تعكسها حراة بعيدة تجعله يبدو كأنه في بدء إشراقه على الأفق ، بداله أكبر مرة أخرى . وقد علل ذلك بأن الإنسان « يحكم على كبر المرئي أو صغره بالرجوع إلى شيئين أحدهما الزاوية التي يبصر منها المبصر ، وثانيهما بعده أو قربه من العين . فإذا ظهر جسمان أحدهما بقرب الآخر ، وتوهم الإنسان أو علم يقينا أن أحدهما أبعد تراهي له هذا أكبر . » وقد ذكر الأستاذ نظيف ذلك بنصه في كتابه « علم الطبيعة » وأردفه « بأنه لا يزال مقبولا إلى وقتنا الحاضر » . ويقول الحسن أيضا إن سبب هذا الخطأ يرجع إلى أننا اعتدنا الحكم على الأشياء دائما بمقارنتها بما هو موجود على سطح الأرض .

وقد بحث الحسن في تغير مواضع الأجرام السماوية بسبب انعطاف الضوء رويدا رويدا في طبقات الهواء المختلفة الكثافة ، فتبد وأقرب إلى السميت من مواضعها الحقيقية . وأشار إلى ما ينشأ عن ذلك من خطأ الأرصاد وإلى وجوب تصحيح الخطأ . وبين أن الأجرام السماوية تظهر على الأفق عند شروقها قبل أن تصل إليه فعلا ، وتبقى كذلك ظاهرة عند الغروب بعد احتجابها فعلا تحت الأفق ، فينشأ عن ذلك في حالة الشمس امتداد النهار من طرفيه . وقد قرأت مقالا طريفا في هذا الصدد للأستاذ الدكتور مشرفة بك عميد

كلية العلوم نشرته له مجلة الرسالة تحت عنوان « نور الشمس في منتصف الليل » .
وتلك هي ظاهرة الانعكاس الكلى ، والسراب أحد مظاهرها .



(شكل ١٥) الانعكاس الكلى

وكان الحسن أول من خطأ نظرية إقليدس وغيره في أن شعاع الضوء ينبعث من العين ويقع على المرئى ، وقرر عكس ذلك أى أن شعاع الضوء يخرج من المرئى ويقع على العين .
وتقدم الحسن كثيرين غيره ممن كتبوا في موضوع تركيب العين ، معتبرا عدستها في مركز الحدقة كلها ، وغزا حدوث الرؤية إلى ما نسميه الآن « شبكية العين » وقال بأن حاسة الأبصار سببها التأثير الحاصل في المخ بالعصب البصرى . وعال رؤية الشيء واحدا على الرغم من النظر إليه بالعينين بوقوع الصورتين على جزئين متماثلين من شبكية العين . وهذا هو نفس ماتذهب إليه الكتب الحديثة ، ولعله كان أساس جهاز الأستريوسكوب المذكور فيها .
وقد سبق أن قلنا إن كتب الحسن كلها ترجمت إلى اللاتينية وإن ناقلاها إليها مجهول ، فكانت هذه الترجمة اللاتينية أساس درس مفصل أجراه العالم البولندى فتلو Wetelo سنة ١٢٦٠ ميلادية ثم دونه . فتأثر بكتابته كثيرا العالم الشهير الذى وليه وهو روجر بيكون أحد أئمة علماء الفيزياء . وما كان كتاب فتلو في الحقيقة إلا نسخة منقحة لجميع بحوث الحسن في علم الضوء .

انتقال العلوم الى أوروبا المسيحية

من حسن حظ أوروبا أنها لم تعدم رجالاً من بنيتها شغفوا بالعلوم العربية الجديدة إذ ذاك ، فبدأت تتسرب إليها بالتدريج هذه العلوم إذ ظهرت فيها مصنفات رجال من أمثال سبتاي بن ابراهام اليهودي المعروف باسم دونلو الأوترانتوي ، وكان يمارس صناعة الطب في بلدة روسانو من أعمال إيطاليا الجنوبية . أسره العرب في النصف الأول من القرن العاشر وأخذوه معهم إلى بغداد فتعلم العربية هناك ، وتمكن من دراسة العلوم الحديثة إذ ذاك ، فاستطاع بعد عودته من الأسر أن ينقلها إلى الغرب . كذلك كان قسطنطين الأفريقي مثلاً آخر من هذا الطراز ، فقد كان من قرطاجة ، وكان يتكلم العربية بالطبع ويجيدها قراءة وكتابة . وصل إيطاليا حوالي سنة ١٠٦٠ ميلادية ، وهناك انضم إلى طغمة الرهبان في مونتكامينو وتطوع من تلقاء نفسه لترجمة مصنفات العرب في الطب والعلوم إلى اللاتينية ، ويقال إن ترجمته كانت ركيكة . وظهر في القرن العاشر راهب جربرت الذي صار فيما بعد البابا سلفستر الثاني . قضى بضع سنين في برشلونة فتعلم العربية وأجادها ، ثم مضى يدرس كتب العرب العلمية . وعاد بعدئذ إلى إيطاليا فاستطاع أن ينقل إلى الغرب ثمار مجهوداته مما وقف عليه من علوم العرب .

فهؤلاء وأمثالهم ساعدوا على نقل العلوم ببطء إلى أوروبا فأوجدوا فيها بدء نهضة علمية جديدة . ولكن ماذا كانت طبيعة هذه النهضة العلمية التي بدأت تظهر في أوروبا ؟ إن المصادر الأصلية كانت كتب الإغريق ، وهذه ترجمت إلى العربية ، ومن العربية ترجمت إلى اللاتينية . وكانت طليطلة في إسبانيا أشهر مركز لذلك ، لأنها ظلت مسيحية تقريباً نظراً لبعدها شمالاً عن قرطبة . فلا عجب إذن أن التوت بعض التراجم عن الأصل الإغريقي بالنظر لكثرتها . وعلى كل حال عادت إلى أوروبا من جديد تعاليم أرسطو وأفلاطون وبطليموس وغيرهم ، وانقضى هذا العصر المظلم في تاريخ أوروبا العلمي ، وظهرت تباشير عصر علمي جديد . وبدأت الجامعات ومعاهد العلم تظهر في دول أوروبا المختلفة . وما وافى القرن الثالث عشر الميلادي حتى كانت علوم العرب كلها قد انتقلت إلى أوروبا

الغربية . ومع هذا الاهتمام بالعلوم فقد كان ثمت نقص يعيبها ، ذلك هو كما قلنا التواء الترجمة في الكتب المنقولة التي طغت على الجامعات ودور العلم . فرأوا أن خير وسيلة تصل بهم إلى علم القدماء وحكمتهم أن يدرسوا اللغة الإغريقية . وكان أول من نادى بذلك طغمة الفرنسيين . وكان أشهر هؤلاء روجر بيكون الإنجليزي ، وقد مر بنا أنه اعتمد على مصنفات الحسن بن الهيثم . على أنه لما اشتغل روجر هذا بالكيمياء ، وقال إن الهواء مكون من غازات مختلفة رمى بالسحر وبأنه على اتصال بالشیطان ، فاضطهد وسجن ولبث في السجن سنين .

وعنى كثيرون غير هذا بالعلوم الطبيعية ، والفيزيكا من بينها ، ولكنهم لم يحدثوا جديداً يذكر ، بل إنهم من الوجهة العلمية لم يبلغوا شأواً علماء العرب المعاصرين لهم أو الذين كانوا قبلهم ، ومع هذا فقد تهجموا عليهم بأن أغفلوا ذكر المصادر التي نقلوا عنها ، وزادوا على ذلك أنهم نسبوا لأنفسهم كثيراً من تصانيف العرب . وما كان هذا من الأمانة العلمية في شيء .

الفلسفة الدينية وبراء عصر النهضة

وعلى الرغم من أن علوم العرب بدأت تنتشر عند الغربيين في القرون الوسطى فإن جمهرة الأوروبيين من المفكرين كانوا في شغل عنها بمحوثهم الدينية أو اللاهوتية . ولكن سرعان ما ارتقت الفلسفة عندهم بعد اطلاعهم على تراجم كتب ابن سينا وابن باجة وابن رشد في الفلسفة وتعليقاتهم على أرسطو . غير أن سلطان رجال الدين كان نافذاً على العقول ، فاتجه البحااث في الفلسفة إلى تطبيقها على الدين ، وفي هذا من الخلط والنقص ما فيه . وخير ما أذكره بهذا الصدد كلام المقدسي المذكور في كتاب القفطى قال : —

« الشريعة طب المرضى ، والفلسفة طب الأصحاء . والأنبياء يطبون المرضى حتى لا يتزايد مرضهم ، وحتى يزول المرض بالعافية فقط . وأما الفلاسفة فإنهم يحفظون الصحة على أصحابها حتى لا يعتريهم مرض أصلاً . وبين مدبر المريض وبين مدبر الصحيح فرق ظاهر وأمر مكشوف ، لأن غاية تدبير المريض أن ينتقل به إلى الصحة . هذا إذا كان

الدواء ناجماً والطبع قابلاً والطبيب ناصحاً . وغاية تدبير الصحيح أن يحفظ الصحة ، وإذا حفظ الصحة فقد أفاده كسب الفضائل وفرغه لها وعرضه لاقتنائها . وصاحب هذه الحال فائز بالسعادة العظمى ، وقد صار مستحقاً للحياة الإلهية . والحياة الإلهية هي الخلود والديمومة . وإن كسب من يبرأ من المرض بطب صاحبه الفضائل أيضاً فليست تلك الفضائل من جنس هذه الفضائل ، لأن إحداها تقليدية والأخرى برهانية ؛ وهذه مضمونة ، وهذه مستيقنة ؛ وهذه روحانية ، وهذه جسمية ؛ وهذه دهرية ، وهذه زمانية .

وهذا الكلام نوع من الفلسفة أيضاً ومنه يتضح أن تطبيق الفلسفة على الدين خاطئ في الأوضاع ، لأن الفلسفة في الأصل لم توضع لتلك الغاية . « ولم تكن العقائد المنتشرة وقتئذ تقبل البحث والتحليل الفلسفي وتقوى عليهما ، فقصرت الفلسفة في أيديهم عن الغاية التي يريدونها » .

وفي هذه الظروف وقعت في العالم أحداث حررت العقل الإنساني من كل ما يحيط به من قيود ، كقيام حركة الإصلاح الديني وظهور الطباعة ، فبدأت نظم القرون الوسطى تتغير ، واتسع المجال أمام العقل بعد رحلات كولبس وماجلان وغيرها من الرواد ، وتنبه المفكرون إلى أن رجال الكنيسة يسرفون في تمسكهم بآرائهم العتيقة البالية ، وتبينوا عقم أساليبهم في البحث والجدل العاميين ، فشقوا عصا الطاعة على الفلسفة الدينية والفلسفة اليونانية أيضاً ، ودعوا إلى البحث بطريقة أخرى مبنية على مجرد التجربة والاختبار . وسنرى مثلاً لذلك فيما سيجيء من فصول هذا الكتاب .

فلما هوجمت الفلسفة هذه المهاجمة العنيفة انتعشت العلوم الطبيعية انتعاشاً عظيماً كان لها بمثابة نشأة جديدة ، وأخذ علم الفيزيكا يتسع ويتقدم نتيجة لكل ما مضى من الاعتبارات . ولما اتجهت الآراء العلمية هذه الوجهة المغايرة ظهرت تترى تلك الكشوف العلمية البارعة ، التي هي قوام علم الفيزيكا الحديث ، على أيدي كل من كوبرنيك وكبلر وغاليليو ونيوتن وغيرهم . وظلت آراء نيوتن ونظرياته سائدة إلى أن ظهر علماء المدرسة الحديثة ، وفي مقدمتهم كبيرهم العلامة أينشتاين ، فقلبوا بنظرياتهم كثيراً من الأوضاع والقواعد المتعارفة ، وبلغوا ما لم يكن يحلم به الإغريق ولا الرومان ولا العرب . وكان من نتيجة تقدم البحث في المادة

وما وراء المادة في الوقت الحاضر أن تلاقي علم الفيزيكا بالعلم الروحي الحديث ، واستطاع العلماء مخاطبة الأرواح بالصوت المباشر ، وتحديد عالم الروح في خريطة الكون . وأصبح العلم الروحي يدرس الآن في جامعات البرازيل وفينزويلا من جمهوريات أمريكا ، والمنتظر أن يتقرر تدريسه في جميع الجامعات العالمية في المستقبل القريب .

وإلى هنا أقف حديثي عن فيزيكا العرب مكتفيا بما قدمت ، لافتا النظر إلى أني تركت ما لا يفيد ذكره في مثل هذا الحديث ، لأن البحث فيه يستلزم الدخول في تفاصيل معقدة . وإخال قرأني يشاركونني الحسرة على اندثار هذا الصرح الشرقي العربي الصميم . على أن فيما نراه الآن من نهضة الأمم الشرقية العربية — ومصر في الطليعة — ما يبشر بمستقبل مزدهر إن شاء الله .

الفصل الخامس

وليم جلبرت

واضع أساس علمى الكهرباء والمغناطيسية



(شكل ١٦) وليم جلبرت

كان الأقدمون إذا فجأهم أمر يختص بقوى الطبيعة فخيرهم يلجأون إلى الكتب التى تركها أسلافهم يستوحيونها حل للمشكل القائم . أى أنهم بدلا من اللجوء إلى التجربة والاختبار كانوا يهرعون إلى الكتب يقرأون ما كتبه الحكماء فى القديم عن مثل ما يعترضهم من الموضوعات . وكانوا يعتقدون أنهم غير قادرين على بزائمتهم ومعلمهم السابقين فى العلم والحكمة ، مقتنعين تماما بأن ما كان يجهله هؤلاء الأئمة القدماء لا يصح ، بل لا يستحق ، أن يعرفه أحد . فكانت هذه العقيدة

سبباً فى بقاء تقدم العلوم فى أوروبا فى القرون الوسطى . وظل هذا الركود من القرن السادس تقريبا إلى القرن الخامس عشر . ولكن لما استكشف كولبس برحلته العظيمة دنيا جديدة كان يجهلها أولئك الأئمة الأقدمون تحطمت قيود التقاليد العتيقة تلك ، وبدأ يظهر عهد جديد هو عهد التجريب والاختبار كما قلنا فى الفصل السابق .

وكان الدكتور وليم جلبرت أحد أئمة هذا العهد الجديد . ولد فى كلشستر (فى اسكس) سنة ١٥٤٠ ، وكان أبوه مسجل تلك المدينة . تلقى العلم فى كبردج وأتم دراسة الطب وهو فى التاسعة والعشرين من عمره . وعين طبيباً خاصاً للملكة اليزابث ، واختير سنة ١٦٠٠ عميدا لكلية الطب الملكية .

وضع أساس علمى الكهربية والمغناطيسية ، فجمع كل ما كان معروفا عنهما إذ ذاك ، وأضاف إليه التجارب الجديدة القيمة التى أجراها فى هذا الصدد والنتائج التى وصل إليها ، وذكر ذلك كله فى كتاب كبير نشره فى لندن وسماه « فى المغناطيس والمغناطيسية والمغناطيس الأكبر الذى هو الأرض » فكان هذا الكتاب أول كتاب علمى قيم خطه يراع الإنجليزى وقد حمل فى غير موضع من كتابه هذا على فلاسفة القرون الوسطى الذين يتقيدون بأقوال السلف دون بحث وتنقيب . وضمن مقدمته قواعد جديدة للاسترشاد بها فى البحث العلمى حاضرا ومستقبلا قال : —

« فى كشف الأسرار وفحص خبيء الأشياء وخفى الأمور ، يجب أن تكون البراهين مبنية على التجارب الصادقة لا على ما يرجحه العلماء والفلاسفة من الآراء والعقائد الظنية . وعلى ذلك فلكى نفهم جيدا تلك المادة النبيلة ، مادة ذلك المغناطيس العظيم الذى لا يزال مجهولا وأقصد به الأرض ، وتلك القوى العظيمة الكائنة فى دنيانا هذه سأبدأ أولا بفحص القضبان المغناطيسية ، وتلك الأجزاء الأرضية القريبة التى فى متناول أيدينا وحواسنا . وبعد ذلك أبدأ فى عرض تجاربى المغناطيسية الجديدة ، فأصل من ثم لأول مرة إلى أعماق أجزاء الأرض .

« إننى بعد أن رأيت وفحصت كثيرا من الأشياء التى جئت بها من أعالي الجبال ومن أعماق البحار ، أو من السكوف الغائرة والمناجم العميقة ، بذلت جهدا كبيرا فى بحث القوى المغناطيسية التى تفوق فى غرابتها كل ما يحيط بنا من الأشياء الأخرى . ولم يذهب عبثا ذلك النصب الذى لا قيت حيث أنتج وأثمر ، لأن خواص جديدة لم تكن متوقعة صارت تتضح وتبدو يوميا للعيان خلال تداريى . وزادت معلوماتى عن طريق المشاهدة الفعلية هذه حتى خلت أنى مستطيع استكشاف الأجزاء الداخلية فى أرضنا ، قادر على وصف مادتها بناء على القواعد المغناطيسية ، كاشف لبنى آدم أهم الأرض ، مظهر لهم خفاياها بتجارب واقعية تدركها عقولنا ومشاعرنا .

« وكما أن علم الهندسة يبدأ بالقواعد الصغيرة جدا البسيطة جدا ثم يتدرج منها إلى القواعد الكبيرة الصعبة جدا ، كذلك يبدأ علم المغناطيسية بالأشياء البسيطة ثم يستعقب

منها ما هو أعظم ، وإذا بنا في النهاية نرى خفايا أرضنا ، وقد تكشفت أمامنا ، ونفهم
المسببات التي خفيت أسبابها واستعصت بسبب جهل المتقدمين أو إهمال المتأخرين .

ومضى جلبرت يتساءل لماذا هو يعرض نفسه لهجمات أولئك الذين يسمون أنفسهم
علماء وما هم بعلماء ، ويقف بالمرصاد لنقدهم وهم لا يعرفون من الحقائق شيئاً ، فقال : —

« فلماذا أضيف إلى مثل هذا الخضم من الكتب التي أضنت العقول والأفهام ، والتي
سكر بها العالم ولهج بذكرها الناس دون وعي — تلك الكتب التي كتبها قوم يجهرون
بأنهم فلاسفة وأطباء ورياضيون ومنجمون ، ثم هم يهملون أهل العلم ويحتقرونهم — أقول
لماذا أضيف شيئاً إلى مجموعة الكتب المضطربة هذه ، وأعرض هذا العلم النبيل الطريف
الذي قد لا يصدق أهله العنت ، إلى أن يمزقه شر ممزق أولئك المتعنتون البلاء الذين
يتشبثون بأراء غيرهم ويتشيعون لها بالحق وبالباطل . فإليكم أتم وخدامكم يا رجال العلم النبلاء
الصادقين ، يامن تبحثون عن العلم لا في الكتب فقط بل في صميم الأشياء والحقائق ،
أقدم هذه القواعد المغناطيسية ، وهذا النوع الجديد من الفلسفة أو العلم . فإذا كان منكم
نفر لا يوافقون على آرائي فأني ألفت نظرم إلى التجارب التي أجريتها والكشوف التي
وصلت إليها بعد كثير من النصب والسهر والمال ، وليسعدوا بهذه التجارب والكشوف ،
وليستخدموها أحسن مما استخدمتها إن استطاعوا إلى ذلك سبيلاً . »

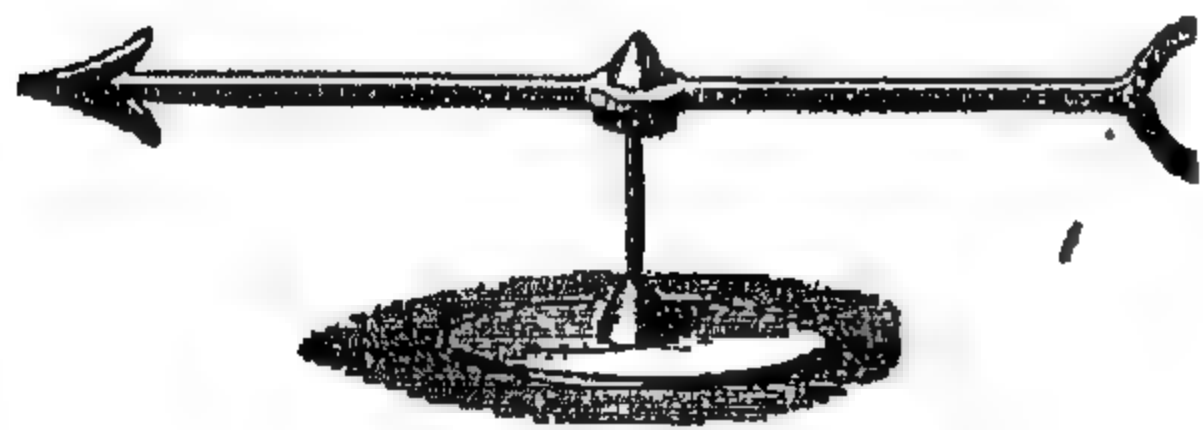
على أن ملاحظات جلبرت بخصوص الطريقة السليمة الواجب اتباعها في إجراء
التجارب ، وشرحه الواضح لها والعناية التي يجب تناول أعمال الغير بها لا تزال كما هي حقة
صادقة واجبة الاتباع في أيامنا الحاضرة . قال : —

« كل من يرغب في إجراء نفس التجارب فليتناول الأمر لا بالاستهتار بل بالحزم
والعزم والطريق القويم والسبيل المستقيم ، فإذا لم تنجح تجربته فلا يقلل بجهله من شأن
كشوفه ، لأنني لم أضمن كتابي هذا شيئاً لم يمحص ويحرب عدة مرات . إن هذا العلم
الطبيعي جديد كله تقريباً لم يسمع به أحد إلا ما تناوله بعض الكتاب ، وقليل هم ، بخصوص
بعض القوى المغناطيسية الشائعة . وعلى ذلك فقلما استشهدت بأقوال الإغريق القدماء
لدعم ما أقول ، لأن الحقيقة لا يمكن إثباتها والتدليل عليها بمجيج الإغريق أو بكلامهم ،

إذ أن علم المغناطيسية البنى وضعبته يختلف مع معظم قواعدهم وآرائهم .
 « كما أنى لم أستخدم فى كتابتى نوعاً من البيان الساحر أو الكلام المزوق ، بل إنى
 شرحت الأمور الصعبة المجهولة فى كلمات واضحة وعبارة مفهومة . غير أنى فى بعض الأحيان
 استعملت كلمات جديدة وغريبة ، لا لأخفى الحقائق أو أحيطها بالغموض ، كما كان يفعل
 الكيمائيون القدماء ، بل لى أشرح شرحاً واضحاً بسيطاً صحيحاً تلك الأشياء الخفية
 التى لم يشاهدها أحد من قبل ولم يضع لها اسماً . ولا يفوتنى أن أبدي الاحترام الواجب
 لمواضى الفلسفة القدماء لأن الحكمة انتقلت إلى الخلف عن طريقهم . ولكن عصرنا
 قد كشف القناع عن حقائق كثيرة جداً كانت خفية ، ولو كان هذا السلف حياً الآن
 لقبلها بكل سرور . ولذا فإنى لم أتردد فى أن أشرح عملياً ونظرياً تلك الأشياء التى
 استكشفتها بعد طويل التجارب » .

ظاهرتا التكهرب والتعطس

ميز جالبرت فى كتابه هذا بين ظاهرتى التكهرب والتعطس . فى الأولى قسم
 الأجسام قسمين ، الأجسام التى سماها « كهربائية » وهى التى رآها قابلة للتكهرب بذلك ،
 والأجسام التى سماها « غير كهربائية » وهى التى لم يستطع أن يجعلها تكتسب بذلك خاصية
 جذب الأجسام الخفيفة إليها . وقد استعمل فى تجاربه هذه جهازاً أسماه « الإبرة الكهربية »



(شكل ١٧) إبرة جالبرت الكهربية

ابتكره هو ويتركب من إبرة خفيفة من القش
 ترتكز على محور رأسى بحيث تكون قابلة
 للدوران فى مستوى أفقى ، وتشبه عندئذ الإبرة
 المغناطيسية المعتادة التى كثيراً ما تستعمل فى

التجارب الأولية فى المغناطيسية ، فرأى أن الكهرباء وكثيراً من الأجسام إذا دلت
 ثم قربت من الإبرة الكهربية انجذبت إليها ، وذلك يدل على تكهرب تلك
 الأجسام بذلك .

ويقول جالبرت نفسه إنه جعل يفحص خامات الحديد المتعددة ، وسرعان ما وجد



(شكل ١٨) جلبرت يجري تجاربه الكهربائية أمام الملكة اليزابث ورجال البلاط

أن واحداً منها ، هو الأسود ، مغناطيسي بطبيعته . فأجرى عدة تجارب على الإبرة المغناطيسية التي استعملها من قبله الإيطاليون والعرب ، والتي استعملها الصينيون قبل هؤلاء . وكان جلبرت أول من أثبت أن المغناطيس الطبيعي أو الحجر المغناطيسي ليس المغناطيس الوحيد الممكن ، وأن ساق الحديد يمكن أن تستحيل مغناطيسا بمجرد تعليقها في الاتجاه الذي تدل عليه الإبرة المغناطيسية ، أو تسخينها ثم طرقتها وهي في هذا الاتجاه عينه . وهو الذي زاد في قوة المغناطيس الطبيعي زيادة عظيمة بتغطية كل من طرفيه بغلاف أو درع .

ولقد أدرك جلبرت كثيراً من أغلاط من سبقه من البحوث وعالجها . ومن بين هذه الأغلاط تلك القائلة بوجود تغذية الحجر المغناطيسي ببرادة الحديد لكي يحتفظ بقوة المغناطيسية . وكانت طريقة سابقه في هذا الصدد أن يأخذوا حجراً مغناطيسياً ذا وزن معلوم ثم يغمروه في قدر من برادة الحديد معروف الوزن أيضاً . وبعد ترك الحجر كذلك عدة شهور يرفعونه ثم يزنونه هو والبرادة من جديد . فكانوا يظنون أن الحجر صار أثقل قليلاً وأن البرادة صارت أخف قليلاً . بل إن الفرق كان من الضالّ به حيث كانوا أحياناً يظنون أنه لا فرق البتة بين الوزنين . ولكن جلبرت قال إنه في حالة وجود فرق يكون بعض البرادة قد لصق بالحجر فجعله أثقل قليلاً . وعلى أي حال لم تكن هناك بينة تدل



(شكل ١٩) مغطسة ساق من الحديد يطرقتها

على أن الحجر قد امتص أى غذاء لى يحتفظ بقوته .

ومما ينسب إلى باراسلسوس أنه كان يظن أن قوة المغناطيس يمكن أن تتضاعف عشر مرات إذا هو سخن إلى درجة الاحمرار تقريباً ثم نقع بمدند في زيت الزعفران . وكان يقول إن الحجر المغناطيسى بهذه الطريقة تشتد قوته حتى ليجذب إليه المسبار المدقوق في الحائط ، وحتى ليأتى بأشياء أخرى عجيبة لا يستطيعها أى حجر مغناطيسى عادى . وهذا في الواقع لا يتفق والحقيقة ، لأن جلبرت وجد أن الحجر المغناطيسى الذى يعالج بهذه الوسيلة لا يكتسب قوة جديدة بل يفقد جزءاً من قوته .

وكان جلبرت أول من برهن أن أشد قوة مغناطيسية توجد عند نقطتين متقابلتين في الأجسام المغناطيسية ، وقد سمي كل نقطة منهما « قطباً » وبرهن على أن القطبين المتماثلين ، أى اللذين يتجهان اتجاهاً واحداً حينما يعلق المغناطيس ، يتنافران ؛ وأن المختلفين ، أى اللذين يتجهان اتجاهاين متضادين ، يتجاذبان . وقال بأن المغناطيس يمكن أن يوجد على جملة أشكال متباينة ، وأن قطعة الحديد مهما كان شكلها يمكن مغطستها ، فإذا ما تمغطست تماماً ظهر لها قطبان .

مغناطيسية الأرض

وحدث جلبرت نفسه عما إذا كان يمكن أن يوجد مغناطيس على شكل كرة . فصنع كرة من الحديد كقنبلة المدفع ثم مغطسها بدلكها بحجر المغناطيس ، وعندما أتم دلكها جاء بإبرة مغناطيسية صغيرة وقربها منها فوجد الإبرة قد سلكت كما لو كانت كرة الحديد هي الأرض نفسها ، بمعنى أن الإبرة اتجهت إلى القطبين ، وأن اتجاهها تغير باختلاف بعدها عنهما . ومن ثم ظهرت له الحقيقة ناصعة ، وهي أن الأرض نفسها مغناطيس كبير . وكان هذا رأياً جديداً لم يسبقه إليه أحد . لقد كان القدماء يظنون أن انجذاب الإبرة المغناطيسية يرجع إلى وجود بعض جبال مغناطيسية في الشمال ، أو إلى وجود نجم ما في ذيل كوكبة الدب الأكبر التي هي مجموعة تتألف من سبع نجوم ، تبدو كأنها تدور في السماء حول القطب الشمالي .



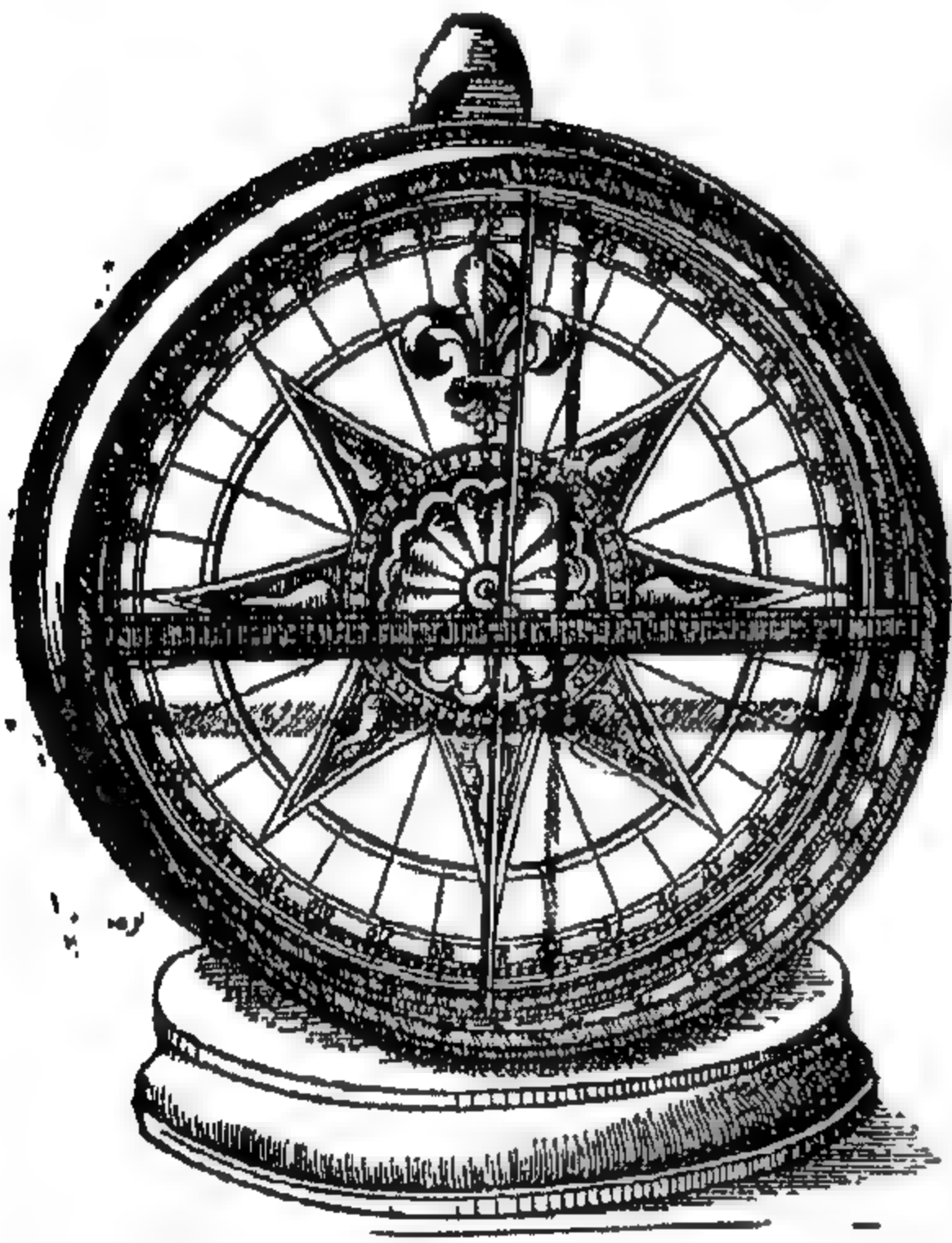
ولكن هذا الرأي انتهى واندثر ، إذ لم يمكن القول به بعد أن ظهرت الحقائق تترى . فأولاً لما كانت النجوم تبدو كأنها تتحرك في القبة السماوية حول القطب الشمالي ، فالعقول بطبيعة الحال أن يتغير اتجاه الإبرة المغناطيسية في غضون كل أربع وعشرين ساعة . ولكن هذا لم يحدث . وأما إذا كانت الجبال المغناطيسية موجودة عند القطب الشمالي ، فإن الإبرة تكون أفقية فقط في المناطق

(شكل ٢٠) الأرض مغناطيس كبير

القريبة من هذه الجبال . أما في الجهات الجنوبية برأ أو بحراً ، فإن الإبرة تنخفض عن الأفق ، ما دام القطب نفسه ينخفض عن الأفق بزاوية كبيرة . وتتضاءل هذه الزاوية التي تصنعها الإبرة مع الأفق شيئاً فشيئاً كلما اقتربت الإبرة من القطب . ولكن هذا عكس الواقع على خط مستقيم . فالإبرة إذا كانت متزنة تماماً قبل مغطسها تفقد اتزانها إذا لمسها مغناطيس لأنه يغطسها . وينخفض قطبها المشير إلى الشمال ، ويرتفع قطبها المشير إلى الجنوب . ويكون ذلك دليلاً على وجود جبال مغناطيسية عند قطب الأرض . ولكننا إذا سرنا صوب خط الاستواء يتضاءل « ميل » الإبرة هذا شيئاً فشيئاً حتى

ينعدم وتصير أفقية تماماً . وإذا نحن سرنا نحو القطب كبر هذا الميل شيئاً فشيئاً حتى تصبح الإبرة رأسية تماماً .

وقد وجد جالبرت أن الإبرة الصغيرة التي تقرب من كرة مغناطيسية تسلك هذا المسلك عينه . ففي منتصف المسافة بين القطبين تكون الإبرة موازية لمحور الكرة . وعند القطبين تتجه الإبرة رأسياً إلى مركز الكرة . فإذا كان تغير هذا « الميل » منتظماً تماماً ، استطاع البحارة أن يعرفوا خطوط العرض في البحار ، وذلك بمجرد معرفتهم « الميل » . وظن جالبرت أن ذلك جائز وصحيح ، ولكنه كان مخطئاً فيه ، لأن « الميل » لا يتغير فحسب بتغير المكان تغيراً منتظماً ، بل لأنه يتغير في المكان الواحد كل قرن من الزمان . أي أنه في المكان الواحد قد يكبر وقد يصغر من قرن إلى قرن .



واستكشف جالبرت خاصية أخرى للإبرة الجديدة ، وهي خاصية « انحراف » الإبرة أي انعطافها عن الشمال الحقيقي ، فنسب هذا الانعطاف إلى عدم انتظام توزيع الماء واليابسة في الأرض . وظن أن الجبال تجذب الإبرة المغناطيسية إليها ، وبذلك تحدث اضطراباً في فعل الأرض المغناطيسية جملة . وهنا نراه أخطأ للمرة الثانية . وذلك لأن التجارب والأرصاء التي توالت من أيامه إلى وقتنا ، قد دلت على أن هذا الانعطاف كالميل ليس ثابت المقدار بل

(شكل ٢١) إبرة ميل مغناطيسي قديمة يختلف أيضاً في المكان الواحد من قرن لقرن . وإذن يكون من الخطأ الظن بأن جبال الأرض التي تحتفظ بحدودها وكيانها قروناً عدة دون أن يعتمورها تغير هي السبب في هذا الانعطاف المشاهد .

والحق إن جالبرت قد أخطأ كما أخطأ سابقوه . ولكننا نغفر له هذا الخطأ ، لأنه بنى براهينه على ما كان قد وصل إليه من الحقائق الواقعية وقتذاك ، وما كان في وسعه

أن يجرى بنفسه تجارب وأرصداً ومشاهدات تستمر قرناً من الزمان ؛ ثم هو من جهة أخرى لم تكن لديه مدونات لأرصداً امتدت زمنياً طويلاً . فبإلهامه كانت على قدر ما وجد لديه من الحقائق . أما تلك الحقائق التي وصل إليها غيره ممن جاءوا بعده فقد أدت بطبيعة الحال في حالات كثيرة إلى نتائج جديدة كان يرحب بها جابرت ويقرها لو أن الله مد في عمره هذه السنين الطوال . نعم إنه كان يكون أول من ينادى بها وإن تكن مخالفة لما كان قد وضعه قبلاً من النظريات . ففي مجال العلوم العلمية على الأخص لا يمكن أن يوجد إمام مطلق أو حاكم مستبد — دكتاتور — كما في عالم السياسة . على أن جلبرت نفسه كان ممن شقوا عصا الطاعة على التقاليد ، فجاهر برفض فكرة التقييد بأراء السلف ، وقال بأن العالم الحكيم الفيلسوف مهما كان موهوباً أو ممتازاً في عقله لا يستطيع أن يهيمن على عقول كل من يجيئون بعده فيتسلط على أفكارهم وآرائهم . وبذلك وطد جلبرت أحد مبادئ العلم الحديث .

النظرية العلمية

والواقع أنه عند ما تتجمع لديك الحقائق جميعها يصبح لك أن ترتبها ترتيباً ما ، وأن تنظر إليها من وجهة نظر خاصة ، مقيداً بقواعد خاصة . فوجهة النظر هذه هي التي تسمى نظرية علمية ، وتصبح قائمة بذاتها . ومتى ما تم وضع النظرية أمكننا في ضوءها فحص الحقائق المختلفة بتفصيلاتها المعقدة الحيرة . فالنظرية إذن وسيلة ناجعة لتقليل مجهود المخ — وهو المجهود اللازم لتذكر عدد كبير من الحقائق والمعلومات . وهي تدل أيضاً على الاتجاهات التي يصبح أن يبحث فيها عن حقائق جديدة ، فإذا ما وجدت هذه الحقائق الجديدة ، دلتنا النظرية أيضاً على التفسيرات الممكنة لها . وعندئذ تكون النظرية العلمية قد بلغت غايتها .

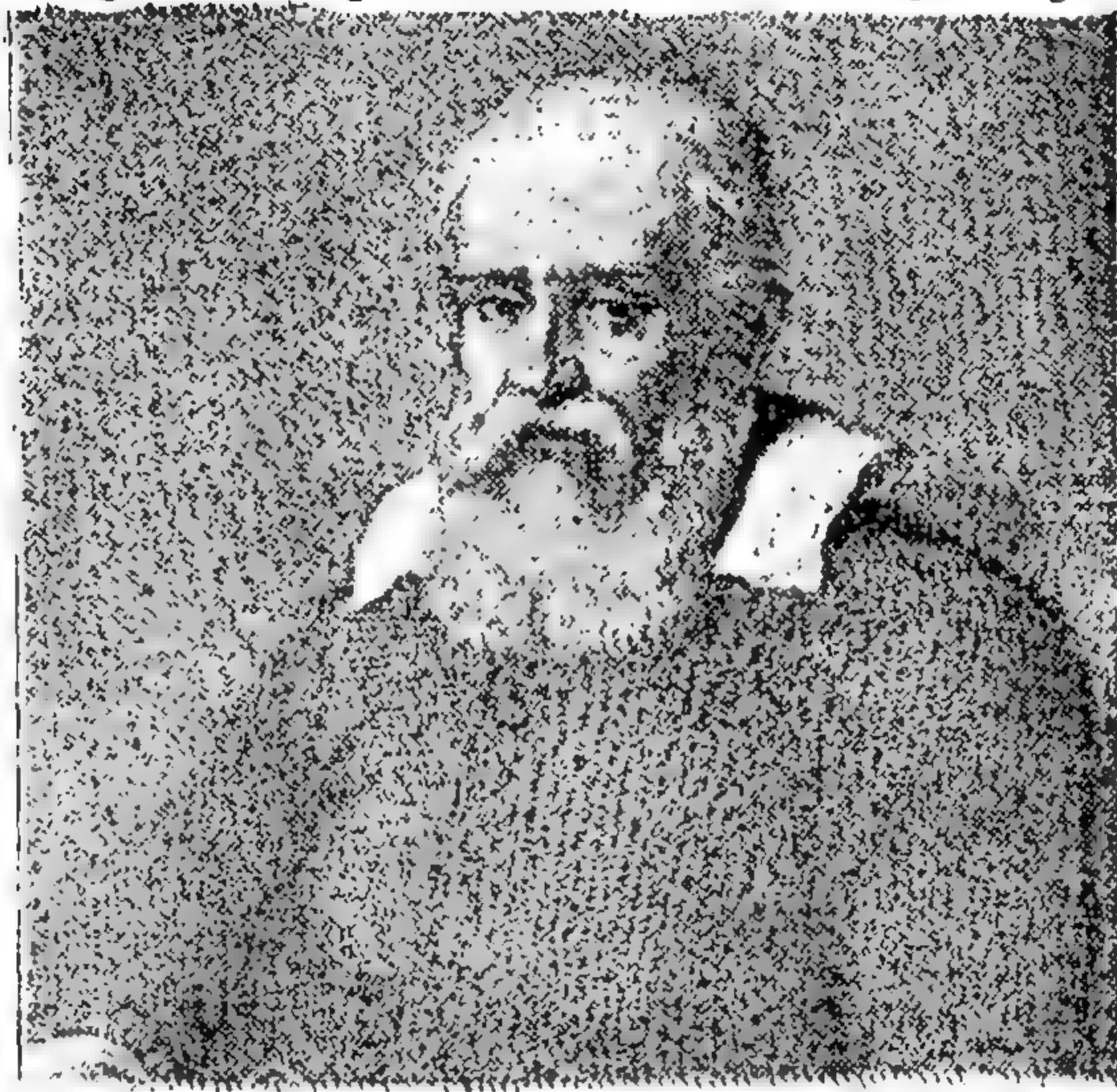
ليس ثمة شيء في العلم كالحقيقة المطلقة . والنظرية تكون صحيحة سليمة ما دامت لا تتعارض مع الحقائق ، فإذا ما استكشفت أمور واقعية جديدة لا تتفق والنظرية سقطت النظرية وانهدمت . ولما كان الكثيرون يتابعون البحث يومياً وراء كشف الجديد

من الحقائق فهل يمكن أن توجد نظرية تكون بالغة حد الكمال المطلق ؟ حقيقة إن نتائج المشاهدات الدقيقة الصحيحة تظل كما هي ، ولكن تفسير التأثيرات المشاهدة يتغير كلما تزايدت معلوماتنا بخصوص طبيعة الكون . وفي هذا نختلف عن أسلافنا . إننا نريد من العلم أن يظل حياً مطرد النمو ، ولا نريد مع هذا أن نفقد ثمار عمل هذا السلف ، وسيكون لنظريات هذا السلف مكانها منا ، وسنحتفظ بها دون تغيير إلى أن نضطر اضطراراً إلى تغييرها عن طريق استكشاف حقائق جديدة صادقة تثبت صحتها ثبوتاً قاطعاً ، وبهذا نتقدم خطوة خطوة مرتادين في العلوم أبصقاعاً لا يمكن أن يرى أحد حدودها .

وعلى هذا النمط وقف جابر من سابقه ، وعلى هذا النمط أيضاً وقف من جابرت لاحقوه ، وراح كتابه على رغم ما فيه من أمثال هذه العيوب يمثل الدور الأول في تكوين علمي الكهربية والمغناطيسية . ويقال إن العالم الشهير غاليليو قد أعجب بكتاب جابر إعجاباً شديداً جعله يتمدح به ، مناقضاً في ذلك ما ذهب إليه العالم الكاتب الإنجليزي الشهير فرانسيس بيكون من تقليله من شأن كشف جابر . وخير ما أختتم به الحديث عن جابر أن أذكر ما قاله الشاعر الإنجليزي دريدن بشأنه فقد قال : « سيبقى جابر ما بقيت حجارة المغناطيس تجذب إليها الحديد » .

الفصل السادس

غاليليو



(شكل ٢٢) غاليليو غاليلي

أكبر أئمة العلم والاختراع في نظر كثيرين . ولد سنة ١٥٦٤ في مدينة بيزا في شمال إيطاليا . وكان أبوه عالماً أريباً وكاتباً ممتازاً ، عشق الأدب وأغرم به ، ولكنه لم يتفرغ إليه لانشغاله في تجارة الأصواف لكسب قوته وقوت عياله . وما كاد ولده غاليليو يتم دراسته الابتدائية ، حتى بعث به إلى دير يتلقى فيه الأدب على أيدي الرهبان . وكاد ينخرط في سلك الرهبنة لولا أن أباه كان انتوى إعداده لغيرها . وقد كانت رغبة الأب في مبدأ الأمر أن يدرّب الابن على تجارة الأصواف لكي يشترك معه في الكسب والإنتاج على الأسرة ، ولكن الصبي غاليليو أظهر ذكاء نادراً عن أبيه أن يقهره ، فاستقر رأيه على أن يلحقه بالجامعة لكي يدرس الطب فيها .

وسرعان ما ظهرت على غاليليو في أيامه الجامعية الأولى نزعته إلى الاستقلال في الرأي والفكر ، وبلغت جرأته أن يناقش في أيامه الثائرة تعاليم أرسطو . ولا يخفى أن الإقدام على ذلك وقتذاك كان يستلزم شجاعة نادرة ، إذ كانت علوم الأقدمين تكاد تعتبر مقدسة لا تقبل جدلاً ولا نقاشاً . وكان كثير الأسئلة حتى لقبوه « بالمجادل » الشكس ويشاء الله أن يكون هذا اللقب « المجادل » فيما بعد من ألقاب الشرف الجامعية ، التي تمنحها جامعة كبردج للناجح النابه في الامتحانات العلنية التي كانت تعقد في العلوم الرياضية على طريقة الامتحانات الأزهرية القديمة .

ولما بلغ غاليليو العشرين من عمره كان قد برع في اللغتين اللاتينية والإغريقية ، وفي التصوير والموسيقى ، ولكنه ظل مع ذلك منزويًا بسبب نزعته الاستقلالية في التفكير وكثرة أسئلته . والظاهر أن غاليليو ورث عن أبيه هذا الاستقلال في الرأي ، إذ يروى الرواة أنهم عثروا في كتابات أبيه على الفقرة التالية : « إخالهم بلهاء حتى أولئك الذين يعتمدون في إثبات أي رأي على قول مؤلف شهير فقط دون إيراد حجة تدعم هذا الرأي وتؤيده » .

وبدأ بعد ذلك يدرس الطب ، ولكنه لم يستمر فيه طويلاً لأنه مال بفطرته إلى العلوم الرياضية والطبيعية ، وكان أبوه خبيراً بهذه العلوم حاذقاً فيها ، إلا أن الإيطاليين كانوا ينظرون إليها إذ ذاك نظرة غير مستطابة إذ كانوا يظنونها قليلة الخطر صغيرة الشأن . ولما كان غاليليو انصرف إلى هذه العلوم وحدها رغبة فيها ، ولم تثنه عنها المحاولات الكثيرة . ويروى الرواة في هذا الصدد قصة طريفة . يقولون إنه كان لأبي غاليليو صديق مدرس نابغ في العلوم الرياضية اسمه ريتشي Ricci ذهب غاليليو يوماً لزيارته . وما كاد يقترب من الحجرة التي ظنه فيها حتى سمعه يلقي درساً في الرياضة على جماعة من أتباع دوق توسكانيا فوقف بباب الحجرة متوارياً عن الأنظار يصغي لما كان يلقي ، وكان جديداً بالطبع على غاليليو ، فاستساغ ما سمع وأعجب به ، ويقال إنه واطب على الذهاب كل يوم ليستمع إلى دروس ريتشي ، وكانت في علم الهندسة وهو متوار عن الأنظار . فخلبته وشغل بها هي وغيرها من العلوم الرياضية حتى أنه أهمل دراسة الطب . وتقدم إلى ريتشي هذا يستزیده

منها ، وقد سررتشى من إقبال الفتى على العلوم الرياضية . غير أن إهمال غاليليو للطب لفت نظر أبيه فأسرع هذا إلى صديقه يسأله أن يقف هذه الدروس ، وفعلًا أوقفها . ولكن غاليليو كان قد عرف مبادئها فتابع الدرس وحده حتى نبغ فيها نبوغاً دهش له أبوه واقتنع بأن ابنه رياضى بفطرته . وانتهى الأمر بأن أقر الوالد ابنه على ترك دراسة الطب بتاتا .

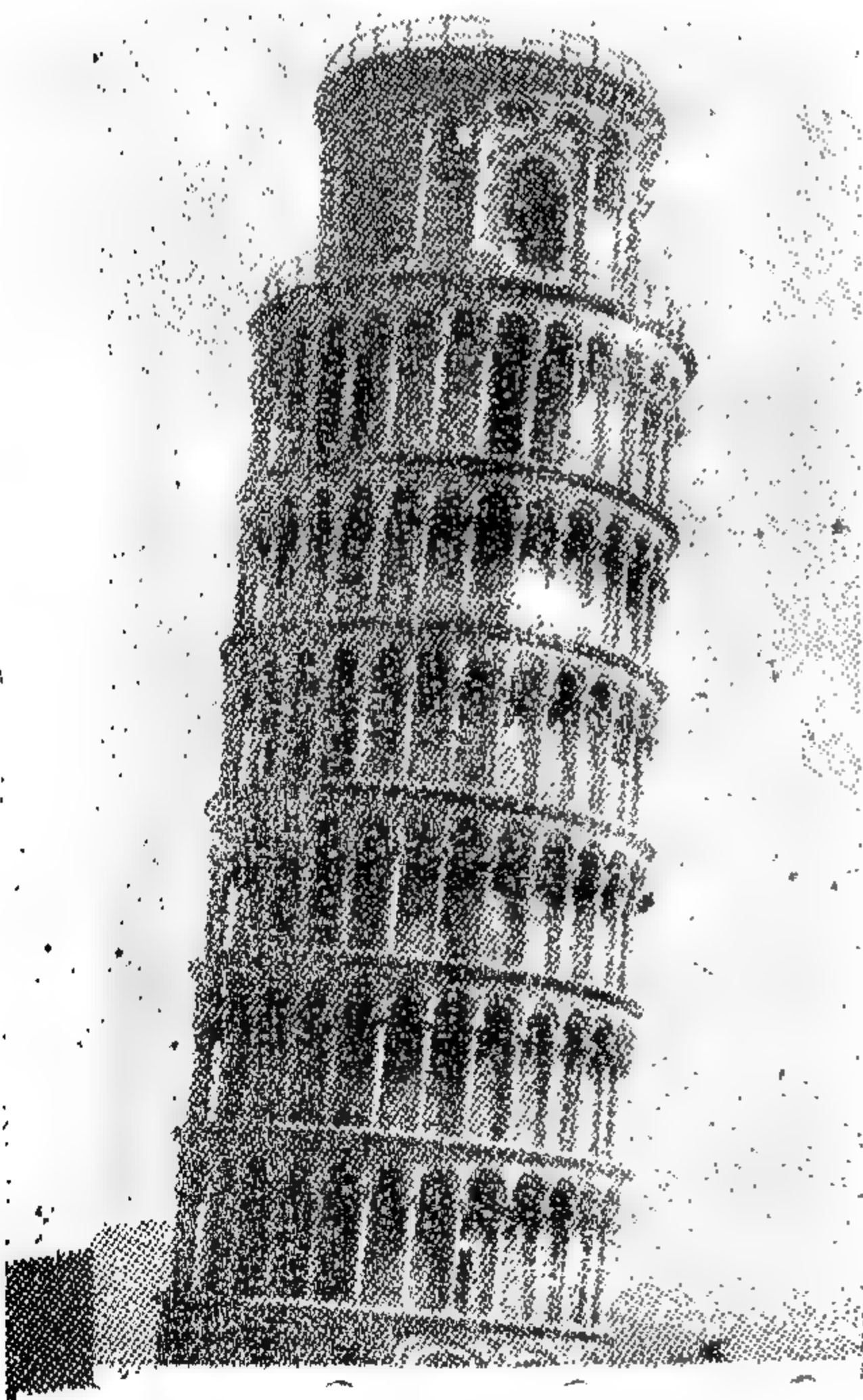
ولما بلغ غاليليو الخامسة والعشرين من عمره أصبح نابغة زمانه فى العلوم الرياضية ، واختير أستاذاً لها فى جامعة بيزا وإنما بأجر زهيد هو ثلاثة عشر جنيهاً فقط فى السنة ! ! وسبب ذلك أن العلوم الرياضية لم يكن ينظر إليها فى إيطاليا بالعين التى ينظر بها لبقية العلوم ، ومن ثم انخفضت مرتبات أساتذة الرياضة عن مرتبات بقية الأساتذة التى كانت تبلغ مئات الجنيهات .

نقد آراء أرسطو

وبدا وهو فى الجامعة ينقد آراء أرسطو وتعاليمه ، معلناً أنه لا يستطيع أن يقبل أى رأى علمى دون نقاش ، مصرحاً بأن التقيد بآراء الأقدمين دون نقاش مهما علا كمهمهم فى العلوم مقيد للفكر عائق لتقدم هذه العلوم . وفى الواقع إن روح الاستقلال فى البحث العلمى بدأ يسود الجامعات الأوروبية كلها فى ذلك الوقت ، وساعدت التجارب والملاحظات على نقض كثير من الآراء القديمة .

فمن آراء أرسطو الخاطئة قوله إن الزمن اللازم لسقوط جسم من ارتفاع ما يتوقف على وزن الجسم ، بمعنى أن الجسم الذى وزنه عشرة أرتال مثلاً يستغرق من الوقت فى سقوطه من ارتفاع ما عشر الوقت الذى يستغرقه سقوط جسم يزن رطلاً واحداً . وهنا حاول غاليليو عن طريق المنطق أن يبرهن خطأ ذلك فقال « إذا جئنا بحجرين متساويين وزناً وأسقطناهما من ارتفاع ما فانهما يسيران جنباً لجنب ويصلان إلى الأرض معاً . فهل إذا ربطناهما معاً سارا بضعف السرعة التى كانا يسيران بها وهما غير مربوطين ؟ » ولكن من ذا الذى كان يجرؤ على تخطئة أرسطو إذ ذاك ؟ فلم يبق من سبيل بعد ذلك إلا التجربة فهى الحكم الفصل .

ولمدينة بيزا برجها العظيم المائل . كان قد بنى على أرض رخوة فما كاد يتم بناؤه حتى مال على جانبه الذى غارت من تحته الأرض ، وظل البرج مع ميله هذا قائماً إلى يومنا . فاستخدم غاليليو هذا البرج لكي يثبت أن أرسطو وتابعيه كانوا مخطئين فى اعتقادهم أن الجسم الثقيل يسبق بكثير الجسم الخفيف فى السقوط على الأرض من عل . وهذا يصدق لو وازنا بين سقوط الريش والحجارة فى الهواء . ولكن لمقاومة الهواء الفضل الأكبر فى ذلك . أما إذا أجريت التجربة بمنزل عن الهواء فالحجر والريشة يصلان إلى الأرض معاً . ولم يكن فى وسع غاليليو أن يثبت ذلك لعجزه عن إيجاد فضاء خال من الهواء ، ولكنه كان قادراً على كل حال أن يوازن بين سرعتى حجرين أحدهما كبير والثانى صغير ، وقد قال الأرسطيون إن الحجارة الكبيرة والحجارة الصغيرة تسقط بسرعات مختلفة ، فأخذ الناس ذلك قضية مسلمة ، ولم يكلف أحد نفسه أن يعرف ما إذا كان ذلك صحيحاً أو غير صحيح .



(شكل ٢٣) برج بيزا المائل

وكان غاليليو واثقاً كل الوثوق من صحة رأيه ، فدعا زملاءه الأساتذة وطلبة الجامعة وجمهرة أصدقائه لكي يصحبوه إلى برج بيزا العظيم المائل ، ويشاهدوا بأنفسهم التجربة . والبرج مؤلف من ثمان طبقات ، فإن كان ثمت فرق بين السرعات ، فهو لابد ظاهر أطول مسافة السقوط . وصعد إلى قمة البرج آخذاً معه كرة من الحديد كقنبلة المدفع زنتها مائة رطل ، وكرة أخرى زنتها رطل واحد . ووضع الكرتين فى صندوق ، ثم أسقطهما بأن قلب الصندوق لكي يبدأ هبوطهما معاً فى لحظة واحدة . وقد وجد الذين كانوا يرقبون

التجربة أسفل البرج أنهما وصلا إلى الأرض فى لحظة واحدة ، ويصعب علينا التحقق من

شعور هذا الجمهور الحاشد إزاء الأمر الواقع الذي ثبت بالتجربة . ولكننا نرى بعض الكتاب يقولون : « إن الأرسطيين الذين رأوا بأعينهم أن الوزنين غير المتساويين يصدمان الأرض معا في لحظة واحدة نسبوا ذلك لتأثيرات مجهولة ، مفضلين بذلك رأى معلمهم أرسطو على حكم الطبيعة » .

وكانت هذه التجربة الشهيرة بدء انقلاب جديد ، فإن سقوط هاتين الكرتين معا كان بدء سقوط الرأى القديم الذى عاق تقدم العلوم زمنا طويلا ، وما كان غاليليو يعارض المعلمين القدماء إلا وهو متحقق من أن التجربة تؤيده ، وكان يرى أن الطبيعة على استعداد دائما للرد على ما يوجه إليها من الأسئلة . وكل ما فى الأمر أن يوضع السؤال لها بشكل واضح لا غلط فيه . وما ترددت الطبيعة يوماً فى الإجابة وما ونت . وقد ظل طوال عمره عاكفاً على هذه الطريقة ، طريقة التجربة وتوجيه الأسئلة إلى الطبيعة ، فاستطاع أن يستكشف كثيراً من القوانين الطبيعية ، وأصبحت طريقته هذه بعد أن قبلها العلماء الوسيلة الوحيدة الصادقة التى يمكن بها توسيع معلومات بنى الإنسان عن هذا العالم وتكوينه .

سرعة الأجسام الساقطة

وأراد غاليليو تعيين سرعة الأجسام الساقطة بشكل أدق ، فغير التجربة ونوعها جملة مرات . وفى التجربة التى استعملها كثيراً جعل كرات صلبة من النحاس تجرى هابطة فى قناة مستقيمة محفورة فى لوح من الخشب ، مكسوة بالجلد الأملس لئلا تقل مقاومة حركة الكرات بقدر الإمكان . وعين بدقة الوقت الذى بدأت فيه الكرات تتحرك ، والوقت الذى وصلت فيه إلى أسفل القناة . وهذه الأقيسة تتم فى الوقت الحاضر عن طريق ساعات خاصة ، ولم تكن فى ذلك الزمن ساعات إلا تلك الساعات المائية التى كانت تستعمل فى بابل ثم فى العهد الإسكندرى . فقام غاليليو الزمن بساعة من هذه الساعات على قدر ما استطاع من الدقة . وذلك بأن وصل صنبوراً صغيراً بأسفل أنبوبة ضيقة مائت ماء . فعند اللحظة التى بدأت الكرات فيها تهبط وضع كأساً صغيرة أسفل الصنبور ، وعند اللحظة التى وصلت الكرات فيها إلى أسفل القناة رفع الكأس . ثم وزن الكأس وبه الماء المتساقط

بعد أن كان وزنها وهي فارغة . وبذلك أوجد مقدار الماء الذى صب فى الكأس .
وبمقارنة مقادير الماء المتحصلة فى التجارب المختلفة استطاع أن يقارن بين الأزمنة .

وكان غرضه أن يصل إلى القاعدة التى على مقتضاها تتغير سرعة الجسم الساقط بتغير
مسافة السقوط أو زمنه . فظن أولاً أن السرعة مناسبة للمسافة المقطوعة ، ولكنه وجد
أنه حينما تتضاعف المسافة لا تتضاعف السرعة عند نهاية الهبوط بل تكون أقل . من
الضعف ، مع ملاحظة أن غاليليو استطاع أن يوجد السرعة النهائية بجعله الكرة الهابطة
تتحرك فوق سطح أفقى أملس جداً عند ما تصل إلى أسفل القناة . وبعد عدة محاولات
وتجارب ، وجد أن السرعة التى يحصل عليها جسم تحركه قوة ابتداء من حالة السكون
مناسبة تماماً للزمن الذى فى غرضه تتسلط هذه القوة على الجسم ، فكان هذا الاستكشاف
أصل علم الحركة كله . وقد سمي غاليليو السرعة التى يكتسبها جسم بهذه الطريقة فى
وحدة الزمن « المعجلة » .

كمية التحرك

وكان غاليليو أول من وضع فكرة ما يسمى فى علم الميكانيكا الحديث « كمية التحرك »
فقد وجد أن مقدار حركة الجسم لا يقاس بسرعته فقط بل بوزنه أيضاً . وقد اتضح له أن
الجسم الثقيل المتحرك بسرعة ما يعادل جملة أجسام خفيفة تتحرك بنفس السرعة على شرط
أن يكون مجموع أوزان هذه الأجسام مساوياً وزن الجسم الثقيل . وعلى ذلك فلا بد أن نعين
مقدار حركة الجسم المتحرك تحتم أن ندخل فى حسابنا كلا من وزن الجسم وسرعته . وقد
استعمل غاليليو عبارة « كمية التحرك » للدلالة على حاصل ضرب سرعة الجسم فى كتلته .
ثم بدأ بعد ذلك يبحث فى مسألة القوة المركزية الطاردة ، أو بعبارة أخرى القوة التى يشد
بها جسم الخيط مربوط به إذا أدير الجسم والخيط .

وظل غاليليو خلال كشوفه هذه كلها هدفاً لدسائس معارضيه إذ خشوا أن يقضى
على تعاليم أرسطو كلها ، ولذلك قرأهم على إيقافه وإسكاته . ففى محاضراته العامة كانوا
يحدثون جلبة وضوضاء حتى لا تتم على الوجه الأكمل . وحدث أن سأل دوق توسكانيا

صاحبنا غاليليو رأيه في اختراع ابتكره أحد أبنائه . وهذا الاختراع نموذج لآلة إيدروليسيكية (كراكة) ادعى الأمير مخترعها أنها تستطيع تطهير ميناء ليغورن . فلما اختبر غاليليو هذا النموذج قال بعدم صلاحيته ، وتأكد قوله فعلا عند تجربته التي أثبتت فشل النموذج فشلا تاماً . فأوغر ذلك صدر الأمير ، ومضى يدس هو أيضاً لغاليليو حتى في الجامعة ، حتى إذا ما ضاق غاليليو ذرعاً اضطر لتقديم استقالته من كرسي الأستاذية . وكان في ذلك مثلاً أعلى إذ أنه استمسك بالرأي العلمي الحق مضحياً في ذلك رزقه الوحيد . فأين هذا ممن أصبحوا الآن يحللون الحرام ويحرمون الحلال ، ويبيعون حتى دينهم بدنياسهم تقريباً وزلفى لأمر أو كبير ؟ .

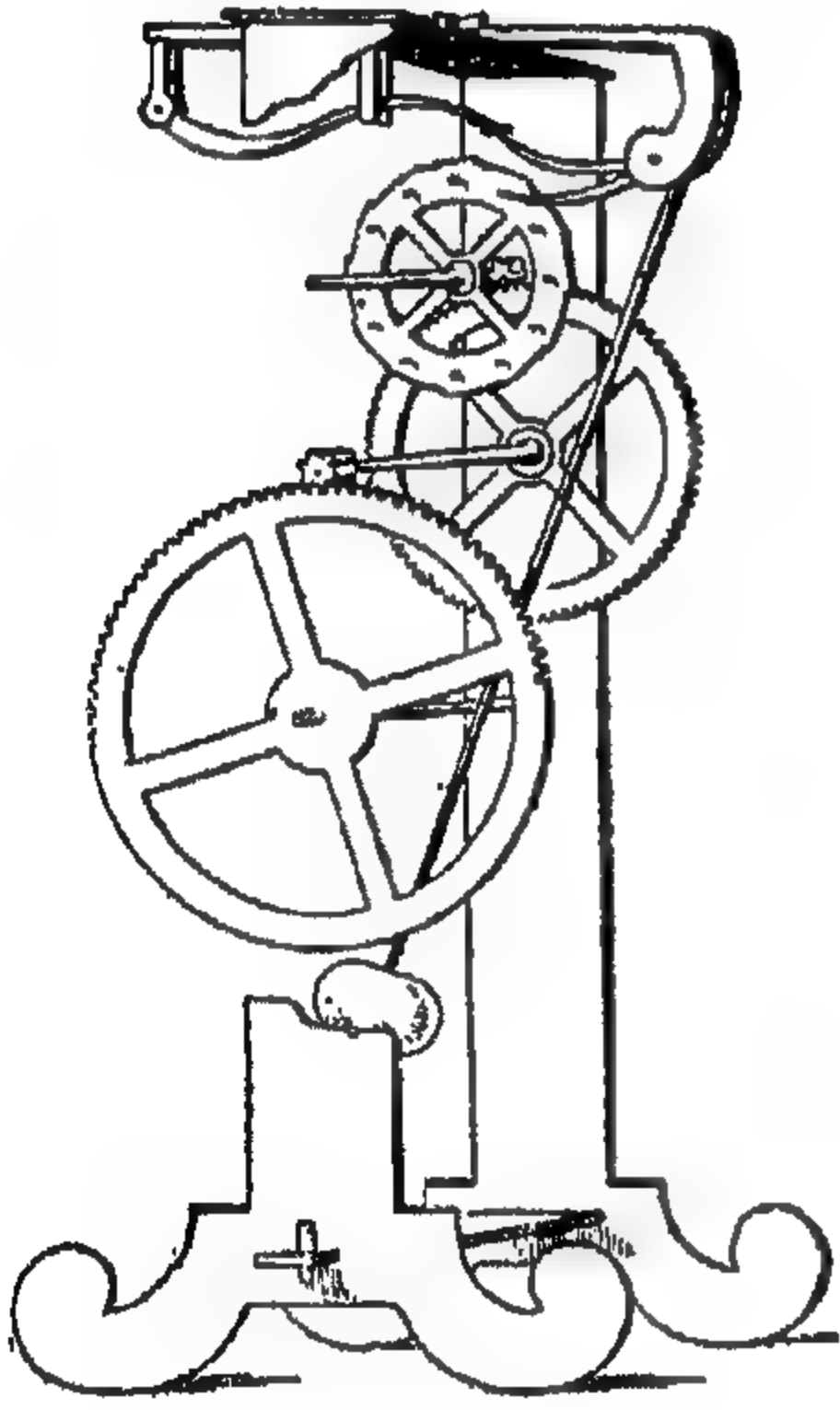
غير أن الخير لم يعدم أهله حتى في ذلك الزمان الثائر ، فقد توسط لغاليليو بعض صحبه وعين أستاذاً للرياضة في جامعة بادوا بمرتب سنوى قدره اثنان وثلاثون جنياً مصرياً أى قدر مرتبه في جامعة فيزا مرتين ونصف مرة تقريباً .

البندول

على أن أهم ما وصل إليه غاليليو هو اختراعه البندول . فقد حدث له وهو لا يزال في ميعة الشباب أن ذهب يوماً إلى كاتدرائية فيزا واشترك في الصلاة وفي إجراء الطقوس الدينية . فلاحظ وهو يؤدي هذه الطقوس أن مصباحاً كبيراً معلقاً في السقف فوق رأسه مباشرة جعل يهتز بعد إيقاده . فراقب المصباح وهو يهتز متأرجحاً زمناً طويلاً ، ولاحظ أن الاهتزاز جعل يتضاءل بالتدريج . ولكنه لاحظ أيضاً أن زمن الهزة الواحدة ثابت لا يتغير على الرغم من تضاؤل الاهتزاز . ولكي يختبر صحة ذلك جعل يحسب عدد المرات التي ينبضها نبضه بين كل هزة وتالياتها . ولا يخفى أنه لم تكن لديه ساعة كالساعات المعروفة الآن ، ولم يكن في وسعه إذ ذاك أن يستعمل ساعة مائية ، وخصوصاً والمنتظر منه وهو في داخل الكنيسة أن ينهمك في صلاته . فلما عد نبضه وجد أن زمن الهزة الواحدة ظل ثابت المقدار حتى سكن المصباح .

وقد لا يجد أى شخص عادى في سنه شيئاً شائناً في ذلك يلفت النظر ، ولكن غاليليو

وجد فيه نوعاً من الإلهام ؛ لقد تمنى في نفسه لو استطاع أن يصنع آلة تديرها الأثقال المهتزة المتأرجحة ، فإن مثل هذه الآلة يمكن أن تسير باطراد وانتظام فتستطيع أن تقيس الزمن قياساً مضبوطاً . وكل ما اتجه إليه فكره عندئذ أن هذه الآلة تمكن الطبيب من أن يعرف نبض المريض . وعلى هذا اخترع الآلة التي سماها « قائسة النبض Pulsilogia » وهي تتألف من خيط مربوط بطرفه ثقل ، وهذا الخيط يمكن تغيير طوله بسهولة وتهيئته بحيث تكون هزات البندول الحادثة منه متفقة مع نبضات المريض ، فيظهر من ثم ما إذا كانت نبض المريض سريعاً أم بطيئاً ، بل إن الطبيب يمكنه بهذه الآلة أن يدرك أى اضطراب في النبض . وقد فرح أطباء ذلك الزمان بهذه الآلة أيما فرح ، وشاع استعمالها في جميع الجهات .



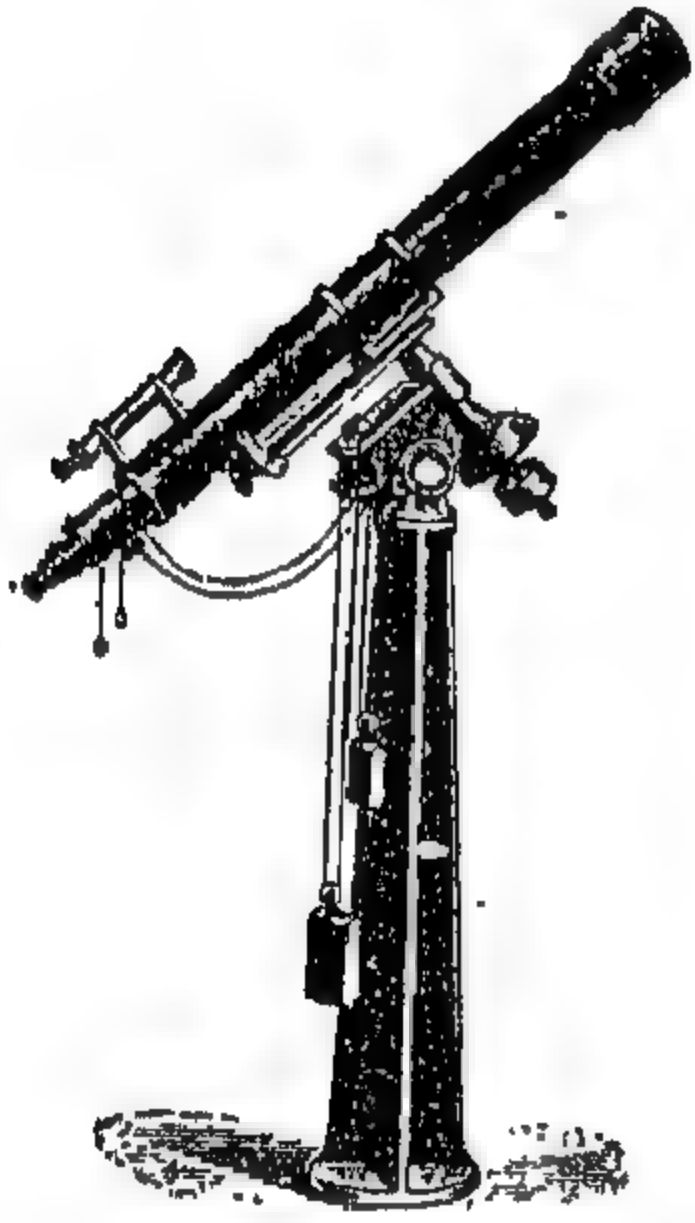
(شكل ٢٤) بندل الساعة لغاليليو

ولكن غاليليو لم يشأ أن يقف بندوله عند هذا الحد ، بل اتجهت نيته إلى ابتكار بندول لا يعد بنفسه عدد مرات هزاته فقط ، كما هو الحال في قائسة النبض ، بل إنه أراد أن يصنع جهازاً يمضي في المسير زمناً طويلاً . وانتهى به تفكيره إلى وضع تصميم آلة هي الساعة الحديثة ، يمكن أن « تملأ » فتسير بوساطة ثقل . ولم يظهر هذا الاختراع إلا بعد أن تقدم غاليليو في السن وفقد بصره . وما كان منه إلا أن أملى على ولده شرحاً مستفيضاً للساعة التي هداه إليها عقله الكبير الوضاء . ولم ينجح ولده في صنعها إلا بعد وفاة غاليليو بعشر سنوات . غير أن غاليليو على الرغم من هذا اعتبر أنه مخترع بندول الساعة .

النظار

وفي سنة ١٦٠٩ وصل إلى سمع غاليليو نبأ جديد كان له أثر في توجيه غاليليو وجهة

جديدة في الكشف العلمي . لقد بلغه أن صانع « نظارات » هولندي يدعى هانس لبرشاي قد أهدى أميراً ألمانيا آلة ترى بها الأشياء البعيدة ، وكأنها على قيد أنملة من الرأى ، ولكنها تكون مقلوبة . ثم وصله خطاب من باريس أكد له خبر هذه الآلة دون أن يذكر له شيئاً البتة عن تركيبها . وقضى غاليليو ليلة وصول هذا الخطاب وهو يكدر عينه للوصول إلى سر تركيب هذه الآلة الجديدة . وما وافى الصبح حتى كان قد وقف على سر تركيبها دون أن يراها . فأخذ عدستين أحدهما محدبة والثانية مقعرة . وجاء بأنبوبة من الرصاص ، وثبت العدسة الأولى في أحد طرفيها والثانية في الطرف الآخر ، ووجه الطرف الأول إلى الجسم البعيد الذي أراد رؤيته ، وقرب الطرف الثاني من عينه . فلم ير شيئاً في مبدأ الأمر ، ولكنه لما جعل يحرك العدسة المحدبة جيئة



(شكل ٢٥) منظار حديث

وذهاباً على طول الأنبوبة عثر على موضع لها تظهر فيه الأجسام البعيدة معتدلة مقربة مكبرة إلى ثلاثة أمثال جرمها العادي ، ثم شرع في تحسين هذا الجهاز ، وما هو إلا زمن قصير حتى نجح في إنشاء منظار (تلسكوب) يقرب الأجسام البعيدة ثلاثين مرة ، ويكبر سطحها ألف مرة تقريباً . وأسرع غاليليو باختراعه إلى البندقية ، وقدمه إلى كبار الحكام فيها ، وصحبهم إلى أعلى برج في أعلى كنيسة في المدينة ، وأعد منظاره وصوبه إلى البحر ليرى السفن القادمة .

وقال في مذكراته : « إن كثيرين من الأشراف والسيوخ على الرغم من تقدمهم في السن صعدوا معي إلى أعلى أبراج الكنائس في البندقية لكي يرقبوا السفن التي كان يراها منظارى وهي على مسيرة ساعتين من الميناء » .

وأهدى غاليليو منظاره لجامعة بادوا التي يشغل فيها كرسي أستاذ الرياضة ، وقد أعجب به أعضاء مجلس الجامعة ، وقدروا هديته من الوجهة العلمية ، ورأوا أن يكافئوه على اختراعه هذا ، فرفعوا مرتبه من اثنين وثلاثين جنيتها في السنة إلى عشرين ومائتين من الجنيهات ، ولم يكتفوا بذلك بل عينوه أستاذاً في الجامعة مدى الحياة .

وباختراع المنظار طارت لغاليليو شهرة في جميع أنحاء العالم ، ورغب الملوك والأمراء والعلماء من جميع البلدان في اقتناء مناظيره ، وأرسلوا لغاليليو يسألونه صنعها لهم . ومن الغريب أنه جاءت له طلبات حتى من هولندا التي كانت أول قطر استكشف فيه أساس المنظار .

الكشف الفلكية

واستعمل الأوروبيون منظار غاليليو في ظروف كثيرة في السلم وفي الحرب ، وتوجه به غاليليو إلى غرض علمي جديد أهم وأعظم . خطر بباله أن يوجه منظاره إلى السموات ليفحص ما فيها من أجرام ، فحصل بذلك على كشف مذهلة أحدثت رجّة عظيمة في علم الفلك ، وكانت بداية ففتح جديد فيه . لقد وجهه أولاً إلى القمر ، فرأى على الفور أن ما يبدو على سطحه من علامات ليس في الواقع إلا جبالاً وسهولاً واسعة . وأمكنه أن يرقب ظلال الجبال تنمو وتتضاءل بتغير اتجاه أشعة الشمس ، فاستطاع أن يثبت أن بعض هذه الجبال أعلى من البعض الآخر . ثم وجه منظاره بعدئذ إلى المشتري ، فلاحظ لدهشته أن له توابع أربعة تدور حوله في بضعة أيام . والواقع أن للمشتري أقماراً أربعة في حين أن الأرض قمر واحد . وكان هذا الكشف الجديد مخالفاً للرأي القديم المعمول به في تلك الأيام القائل بوجود سبع سيارات أو نجوم متحركة وهي الشمس والقمر وعطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل .

واهتم دوق توسكانيا بأمر هذه الأقمار اهتماماً شديداً أصر غاليليو إزاءه على تسميتها باسم أسرة الدوق ، أسرة مدتشى Medici ، وسميت فعلاً منذ ذلك الوقت بالنجوم المدتشية . ودعى غاليليو بعد ذلك بقليل لكي يشغل في بلاط دوقية توسكانيا بفلورنسا وظيفة الرياضي والفيلسوف ، وهي وظيفة طالما تطلع إليها غاليليو لأنها تمكنه من مواصلة البحث ومتابعة الدرس .

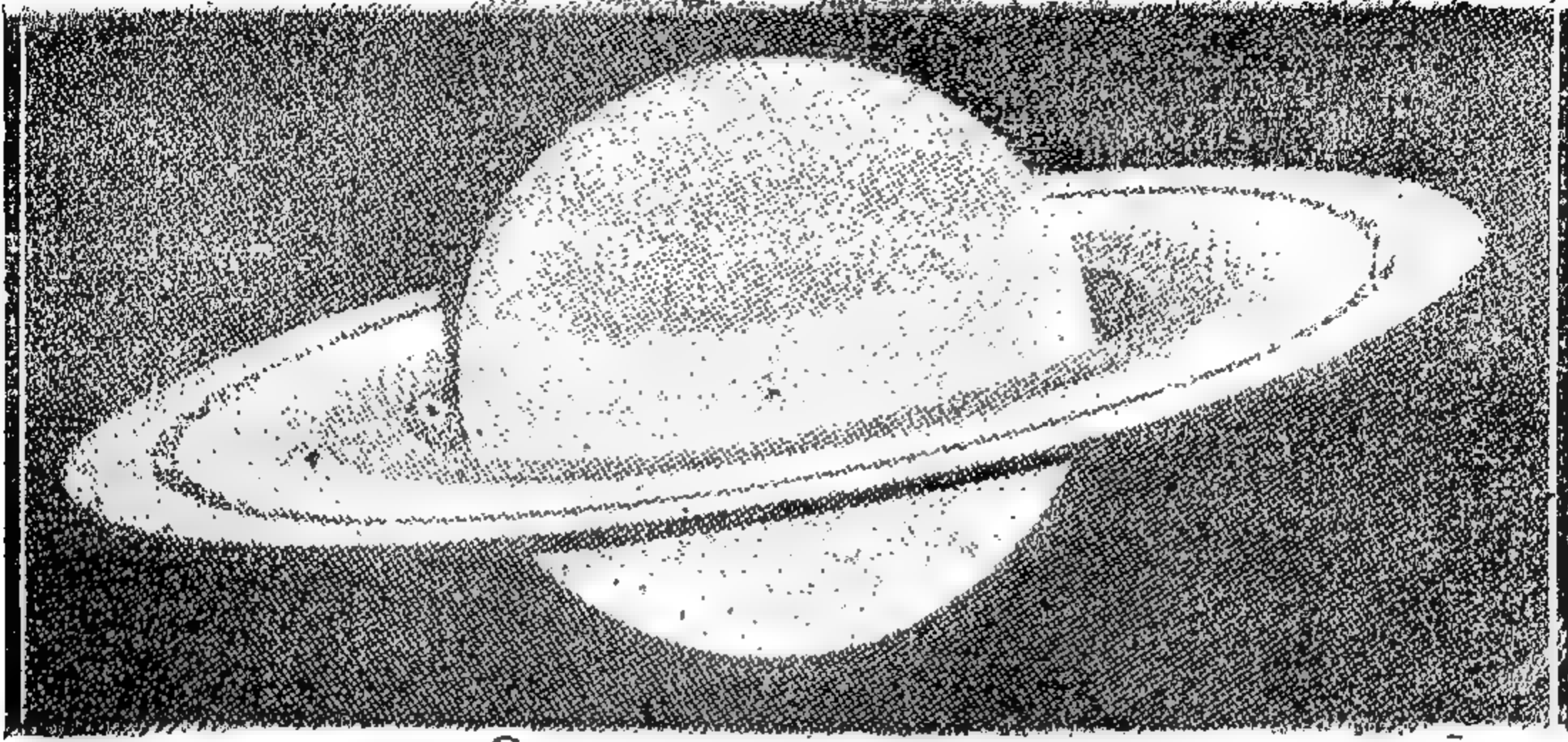
ولم يكن الاهتمام بأقمار غاليليو الجديدة وفقاً على إيطاليا بل إن البلاط الفرنسي إذ ذاك اهتم بالأمر غاية الاهتمام . وكانت ملكة فرنسا إذ ذاك من أسرة مدتشى ، تزوجت هنري

الرابع ملك فرنسا في ذلك الوقت . ويقول الرواة إنه لما وصل منظار غاليليو إلى القصر الملكي تأقت الملكة إلى رؤية القمر به على الفور ، دون أن تنتظر إعداده في المكان المناسب ، بل « جثت على ركبتها أمام النافذة ، الأمر الذي أدهش الإيطالي الذي حمل إليها المنظار » .

وبعد ذلك تسلم غاليليو خطاباً من البلاط الفرنسي جاء فيه « أما الطالب الثاني الذي أُلح عليك فيه فهو أن تسمى النجم الجديد الجميل الذي تستكشفه باسم نجم فرنسا الأكبر ، بل أسطع نجوم الأرض قاطبة ، وأقصد به هنري ، وهنري فقط لا هنري دي بوربون . فإن أنت فعلت ذلك فإنك تكون قد أدت الحق والواجب وأصبحت السداد ، وهذا عدا ما تحرز من شهرة وما تكسب لنفسك وذويك من مال وفير . وأؤكد لك بشرفي أنك ستصيب مالا وفيراً . وعلى ذلك فرجائي أن تستكشف بأسرع ما يمكن جرماً سماوياً لكي تطلق عليه اسم صاحب الجلالة الملك » . وكتب غاليليو أمر هذا الخطاب ، ولم يظهره إلا بعد أن مات هنري الرابع مقتولاً ، وكان يريد أن يقتبس منه ما ظنه شرفاً له ولاستكشافه العظيم .

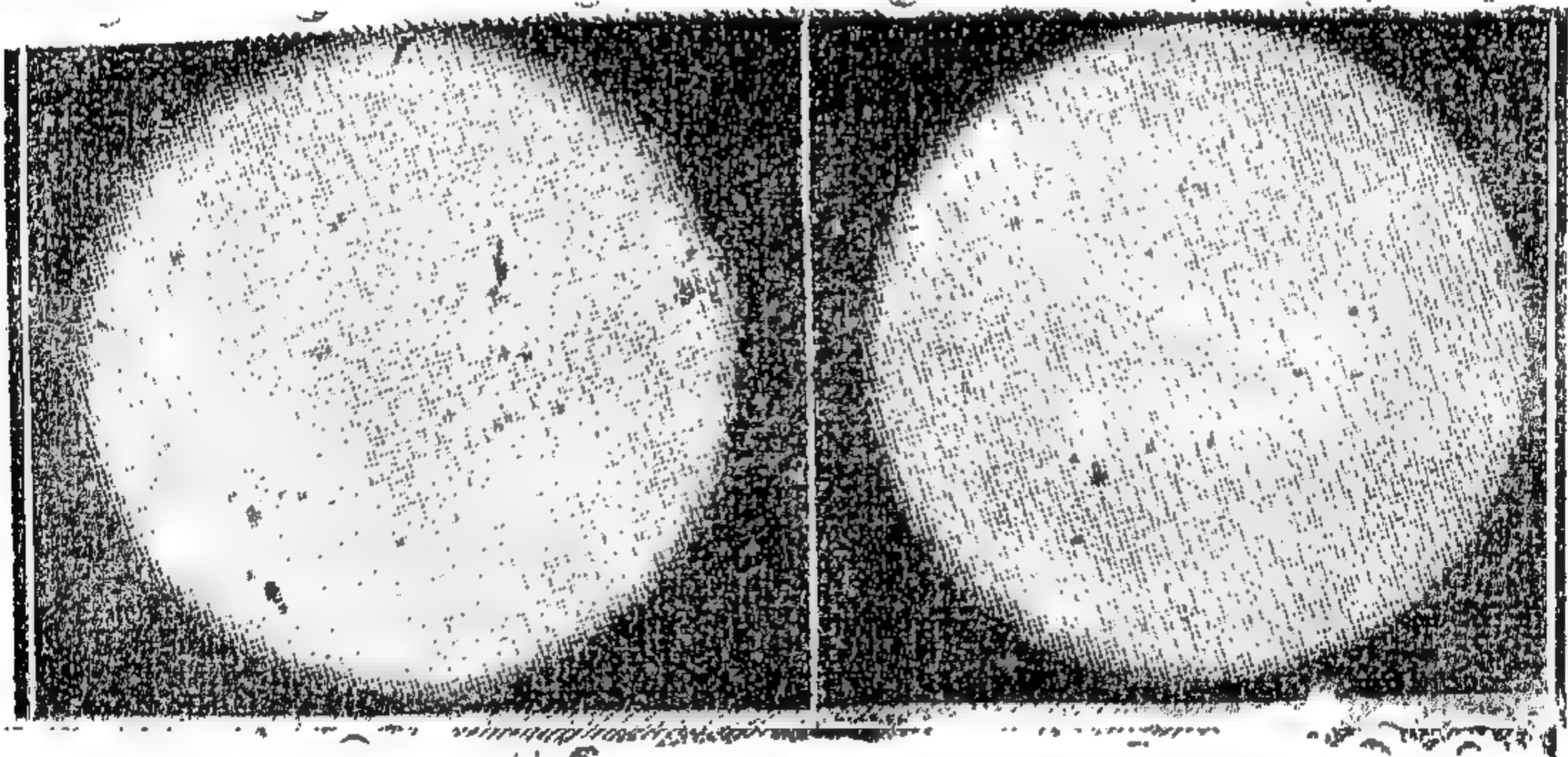
ولكن ما الذي قاله بهذا الصدد طلبة المدرسة القديمة الأرسطية وأساتذتهم ؟ لقد حاولوا أن يبرهنوا بطرائقهم الملتوية أن هذه السيارات الجديدة لا وجود لها . وإليك حجة كبير الفلكيين بينهم . فلكي يثبت أن السيارات سبع فقط نراه يقول إن برأس الإنسان سبع فتحات — عينين وأذنين ومنخرين وفماً واحداً ، وتوجد سبع فلات وسبعة أيام في الأسبوع ، وعلى ذلك فلا توجد إلا سبعة كواكب سيارة . ومن حججه أيضاً أن الكواكب السيارة المزعومة لا تراها العين العارية فلا تأثير لها إذن في الأرض ، ومادام لا يرجي منها نفع فهي إذن غير موجودة .

وقال غير هذا العالم الفذ إن هذه الكواكب السيارة الجديدة ، ليس لها وجود لأن أرسطو لم يذكرها . ولم يرض هؤلاء الأساتذة أن يقتنعوا بوجودها رافضين أن يروها خلال المنظار . ولما بلغ غاليليو أن أحد هؤلاء الأساتذة العنيدين قد وافاه أجله قال : « إنه لم يشأ أن يرى وهو على هذه الأرض تلك الأجرام السماوية الضئيلة ، فلعله يراها الآن وقد صعد إلى السماء ! »



(شكل ٢٦) الكوكب السيار زحل وحلقاته

ومضى غاليليو يغزو السموات بمنظاره فوجهه إلى الكوكب الكبير زحل ، وإذا به يرى عجيبة جديدة من عجائب السموات . ذلك أن الكوكب بدا له وكأنه أبريق أحاط به مقبضان . ولم يكن هذا معروفاً بالطبع حتى لغاليليو نفسه ، غير أنه كان بلا نزاع أول من رأى زحل بمظهره البديع الضارب في الشذوذ .



(شكل ٢٧) صورتان للشمس في يومين متتاليين تظهر فيهما البقع الشمسية وتثبتان دوران الشمس حول محورها

ثم وجه غاليليو منظاره إلى الشمس وهي قريبة جداً إلى الأفق وضوؤها محتمل لا يهر البصر ، فلاحظ أن سطحها لا يضيء كله بدرجة واحدة ، بل ترى فيه بقع سوداء قد تكون قريبة من حافة القرص ، فتتحرك إلى أن تختفي عند الحافة الثانية ، وتظل مختفية أسبوعين ، ثم تظهر وهكذا . فأدى ذلك بغاليليو إلى القول بدوران الشمس حول محورها .

وبعد ذلك وجه غاليليو منظاره إلى الزهرة ، فوجدها على تقيض كل ما أثير حولها من الآراء . وجدها تبدو أوجهاً كأوجه القمر ، وأنها في بعض الأحيان تظهر في السماء على شكل هلال . ولم يبد المشتري ولا زحل رغم تغير مظهريهما على شكل هلال أبداً ، ففسر غاليليو ذلك بأن هذه الكواكب تدور كلها حول الشمس ، وأن الزهرة تدور على بعد أصغر من بعد الأرض ، وأن الكواكب الأخرى تدور على بعد أكبر من بعد الأرض .

الافتراء مع الكنيـة

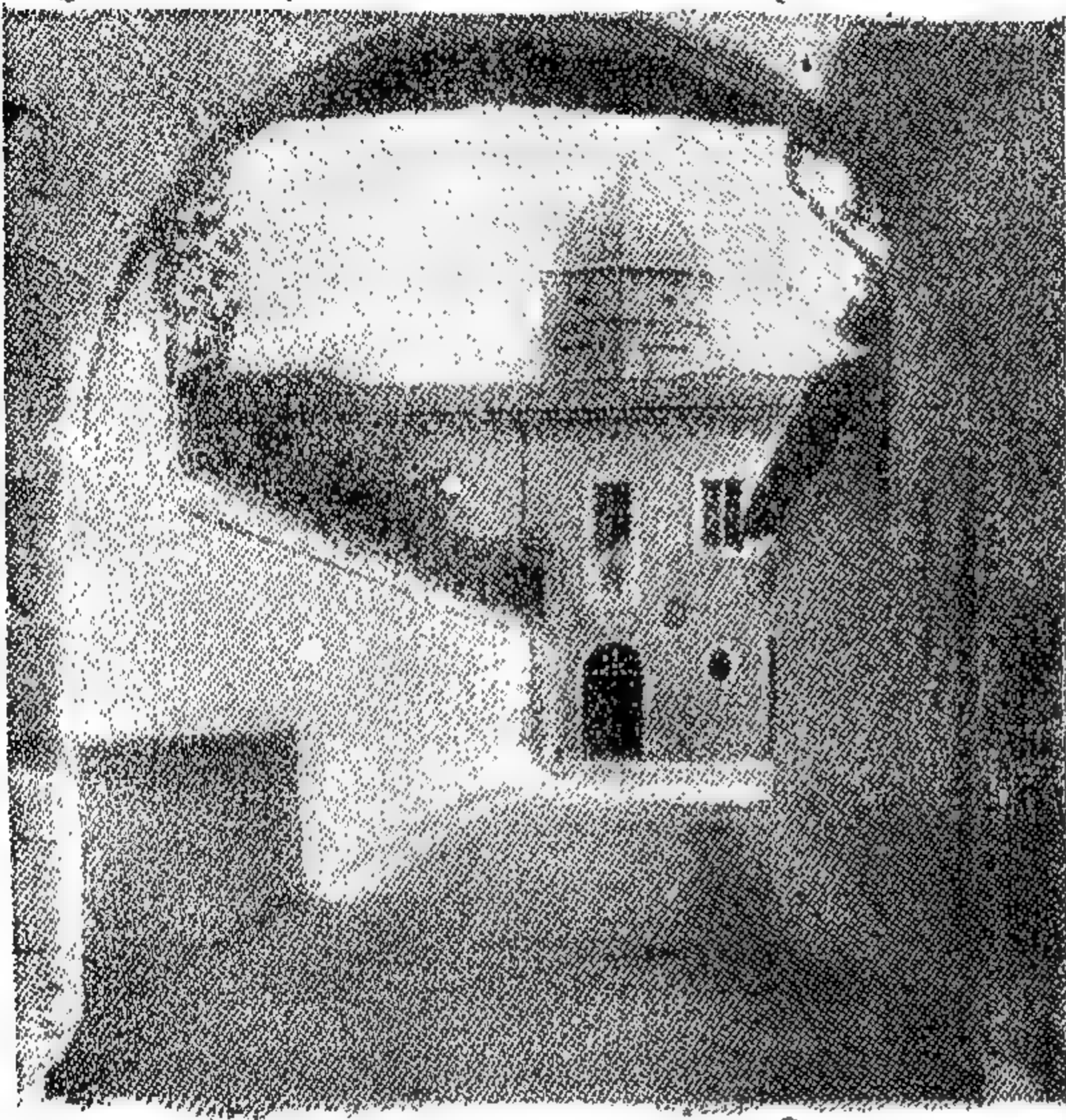
وكان الرأي السائد في زمن غاليليو هو رأى بطليموس القائل بأن الأرض ساكنة وأن الشمس والكواكب السيارة كلها تدور حول الأرض . وقد رأى فلاسفة ذاك الزمان أن يبرروا هذا الرأي بمقتبسات من الكتاب المقدس فهموها على غير حقيقتها ، مشيرين مثلاً إلى ما جاء فيها بخصوص يوشع من أنه أمر الشمس أن تستقر !!

ولقد رد غاليليو على ذلك بأن الكتاب المقدس لم يقصد منه أن يعلم الناس كيف تسير السموات ، بل كيف يسرون هم إلى السماء . وأنه إنما أنزل لإرشاد الناس لأموال دينهم ودنياهم ، ولم يقصد منه أن يكون كتاباً علمياً ، وأن الطريقة الوحيدة التي تصل بنا إلى الحقيقة العلمية الخالصة تنحصر في مشاهدة الظواهر والبحث عن أرجح التفسيرات لها . ولكنه مع كل ذلك لاقى معارضة شديدة ، وأبى بعض معارضيه أن يصدقوا أنظارهم كما مر بنا قائلين إن المنظار إنما يقتصر نفعه على رؤية الأجسام التي توجد في البر أو في البحر ، أما إذا وجه إلى النجوم فإنه يضل الرأي . وأبى بعضهم كل الإباء أن ينظر فيه !!

وكتب غاليليو لصديقه كبلر بخصوص أحد معارضيه . قال : « كم كنت أود يا عزيزي كبلر أن تشاركني الضحك الشديد . فهنا في بادوا أستاذ الفلسفة الكبير . طلبت إليه وألحفت في الطالب أن ينظر إلى القمر والكواكب خلال منظارى ، ولكنه رفض طابى بشدة . فياليتك كنت معى هنا ، إذ لو كنت معى لما وسعتك إلا أن تضحك ثم تضحك

لهذا الجنون العجيب . وعدا هذا كنت تسمع معي أستاذ الفلاسفة هذا وهو يجهد نفسه في الإدلاء بحججه المنطقية ، كأنما يريد بتعاويذه أن يسحر هذه الكواكب الجديدة فيخرجها من السماء .

وراح غاليليو يلقي محاضرات في رأي كوبرنيق القائل بدوران الأرض والكواكب السيارة حول الشمس . فاستدعته محكمة التفتيش في روما وأمرته بالكف عن نشر هذه الآراء ، وأصدرت أمراً بتحريم القول بتحريك الأرض حول الشمس . ولكنه لما نشر



(شكل ٢٨) منزل غاليليو

سنة ١٦٣٢ كتابه في رأي كوبرنيق « استدعى مرة أخرى إلى روما وسجن وأهين ، وخير بين التوبة أو العذاب . فاختار أهون الشرين ، وارتدى ثياب التوبة ، وركع في رهط من الكرادلة ويده على الكتاب المقدس ، وتاب وأناب ، وتعهد بأن يؤدي كل ما يفرض عليه من الكفارة لينال الغفران . فتليت توبته في الجامعات ، وسجن مدة في سجن محكمة

التفتش ، ثم أطلق سراحه على شرط أن يلازم منزله ولا يقابل أحداً . وعلى الرغم من كل ذلك ، وما لاقاه من متاعب أخرى ، فإنه لبث يفكر ويبحث حتى ألف رسائله في علم الحركة ، وهي التي تعد الآن أثمن ما خلفه من الأعمال إذ سبق فيها نيوتن إلى كثير مما ينسب إليه عادة » . وكان قد بلغ السبعين إذ ذاك . وقضى بقية أيامه يبحث في الرياضيات وفي اختراع بندول الساعة كما مر بنا . وذهبت قصة غاليليو مثلاً أعلى للعالم المبكرى الصادق من جهة ، ولسوء تطبيق العلم على الدين أو الدين على العلم تطبيقاً أعمى من جهة أخرى .

على أن الأجيال التي تلت غاليليو قدرت الرجل حق قدره ، وبررت تعاليمه ، وساد
الرأى القائل بدوران الأرض والكواكب حول الشمس ، وقبله العلماء في جميع أنحاء
الأرض . ولم يقف الأمر عند ذلك بل تعبد الطريق أمام العلم والعلماء ، وصار البحث
العلمي حراً لا يتقيد بآراء المدرسة القديمة وأغلاطها ، وتبين الناس أنه لا يمكن أن يحال
بين العقل والعلم بمثل هذه العراقيل والعقبات .

وفاته

وقضى غاليليو نحبه سنة ١٦٤٢ ، وهي السنة التي ولد فيها العالم الانجليزي الشهير
سير اسحق نيوتن ، وكأنما أرادت الأقدار ألا تحرم دنيانا من رسول علمي جديد يحمل
رسالة العلم رافعا علمها الخفاق ، فيغزو أصقاعا علمية جديدة ، ويقرب الأفهام خطوة أخرى
صوب الحقيقة القصوى ، فتمضى في كشف أسرار الطبيعة وخفاياها .

ولما مات غاليليو أبى أعداؤه على صحبه أن يدفنوه في مقبرة خاصة ، ولم يسمح لهم
فعلا بذلك لكي يمنعوا حتى الاحتفال بجنائزته احتفالا شعبيا عاما . وعدا هذا فقد أضر البابا
ألا يقام له أثر يشيد بذكره . ولكن إيطاليا الحديثة أعادت الأمور إلى نصابها ، إذ رأت
أن تكرم الرجل وهو في مثواه . ففي سنة ١٨٤١ — أي بعد وفاته بقرنين تقريبا —
ابتنت كنيسة تخليداً لذكراه ، ويقال إنها تكلفت أربعين ألفا من الجنيهات ، وأقام له
العلماء منذ ذلك الوقت ثلاث حفلات تكريمية لإحياء ذكره : أولاها للاحتفال بمضى
ثلاثمائة سنة على ميلاده ، وثانيها للاحتفال بمضى ثلاثمائة سنة على أولى محاضراته العلمية في
جامعة بادوا ، والأخيرة للاحتفال بمضى ثلاثة قرون على اختراع منظاره الفلكي . وتدل
هذه الاحتفالات التذكارية الدولية على ما يدين به العالم الحديث لهذا العبقرى العظيم
الذي أدى رسالته العلمية خير أداء .

وهكذا فليكن العلم وليكن العلماء ، وإلا فعلى العلم والعلماء العفاء .

الفصل السابع

البارومتر

قسم الفلاسفة الأقدمون الأشياء جميعها إلى عناصر أربعة ، التراب والماء والهواء والنار ، وكانوا يعتقدون أن كل ما نراه حولنا من المواد المنظورة يتألف منها مخلوطة بنسب متفاوتة . أما اليوم فقد وصل العلم إلى معرفة اثنتين وتسمين مادة مختلفة سميناها عناصر ، ونعلم الآن أن ما كان القدماء يسمونه ترابا ليس إلا خليطا من نحو اثني عشر عنصراً من تلك العناصر . ونحن حين نقول «عنصرأ» فإنما نعني مادة لا يمكن الحصول عليها بخاط مواد أخرى ، ولا يمكن أن نشقها إلى مادتين أو أكثر تختلف في الخواص . ومعلوم أن الماء يمكن أن ينحل إلى مادتين ، وأن الهواء خليط من مادتين على الأقل . وأما النار فالمعروف الآن أنها تتألف من أجسام ساخنة لها قوام الهواء . وتسمى أمثال هذه الأجسام غازات . ومن الغازات غاز الاستصباح الذي تضاء به الشوارع ، وغاز الأكسجين ، وغاز الكربونيك وما أكثر ما استكشف اليوم من غازات .

وانتهى حديث العناصر الأربعة ، وصرنا اليوم نقول بحالات المادة الثلاث ، وهي الصلابة والسيولة والغازية . فإذا كانت المادة جامدة بعض الشيء ، لا تنسكب ولا يكون لها منسوب مستوي خاص إذا تركت لنفسها ، فإننا نسميها صلبة . أما إذا سالت وملأت الإناء الذي تنسكب فيه وتشكلت بشكله ، وظلت مع ذلك مرئية ملموسة فإننا نسميها سائلا . وأخيراً إذا كانت المادة تملأ أي حيز تحل فيه ، وتمدد من جميع جهاتها إلى حيث شئت ، ما دامت ظروفها مؤاتية ، فإننا نسميها غازاً . وتتحول بالحرارة على وجه التقريب كل السوائل ومعظم المواد الصلبة إلى غازات ، ومن ثم كانت الحرارة سبباً في تعدد أصناف الغازات المعروفة في أيامنا الحاضرة .

ضغط الصلب وضغط السائل

ومن الفروق العظيمة بين الصلب والسائل أن الصلب إذا ترك لنفسه فإنه يضغط على ما يكون تحته من الأشياء ، في حين أن السائل عدا ذلك يضغط جانبياً وإلى أعلى ، أى أنه يضغط في جميع الجهات . وفي هذا الصدد يشترك الرمل الرفيع في خواص كل من الصلب والسائل . فإنك إذا أخذت عوداً من الغاب أو أى عود آخر أجوف مماثل ، ثم وضعته في صندوق من الرمل وضعاً رأسياً ، وملأت تجويفه رملاً حتى غص به ، فإنه يتحطم . وهذا يدل على أن الرمل يستطيع أن يضغط جانبياً . ولكن كلما خشنت حبات الرمل وكبر جرمها قل ضغطها الجانبي . أما إذا كان الرمل ناعماً جداً متناهياً في النعومة ، فإنه يضغط في جميع الجهات . ولو أنك حصلت على رمل أنعم ألف مرة من أنعم رمل معروف لحصلت على مادة إذا ضغطت على سطحها أقل ضغط انتقل إلى جميع أجزائها . أى أنك في الحقيقة تكون قد حصلت على سائل ، أو شيء قريب جداً من السائل .

ويمكنك أن تثبت أن للماء ضغطاً في جميع الجهات بأن تجيء بمشاة صغيرة منفوخة ، وتربطها في عصا طويلة ، ثم تدفع بالعصا بالتدريج في وعاء به ماء ، فتلاحظ أن المشاة تصغر كلما زاد عمقها في الماء . ثم هي في نفس الوقت تظل كرة تامة الاستدارة كالأصل ، وهذا يدل على أن الماء يضغطها من جميع الجهات لا من أعلى فقط ، ولا من أسفل فقط ، ولا من الجوانب فقط .

ويمكنك بطريقة أخرى أن تثبت أن للماء ضغطاً ، وذلك بأن تغطي بقطعة من اللستك الرفيع المنبسط فوهة أنبوبة طويلة واسعة ، ثم تربطها وهي كذلك وتغمرها في الماء ، فترى اللستك وقد تقوس إلى داخل الأنبوبة وزاد تقوسه وتجوّفه كلما غمرت الأنبوبة في الماء . وهذا يدل على أن الضغط يزيد بزيادة العمق . وهذا الضغط يظل كما هو لو أنك وضعت في الماء جسماً صلباً ما دمت تحتفظ بمنسوب الماء عينه . فالضغط الواقع على قعر إناء يبقى ثابت المقدار ما دام سطح الماء يظل في مكانه لا يعلو ولا يهبط . وإذا كان قعر الإناء ضعيفاً في جزء منه ، فإنك تستطيع حماية هذا الجزء بأن تضع فوقه

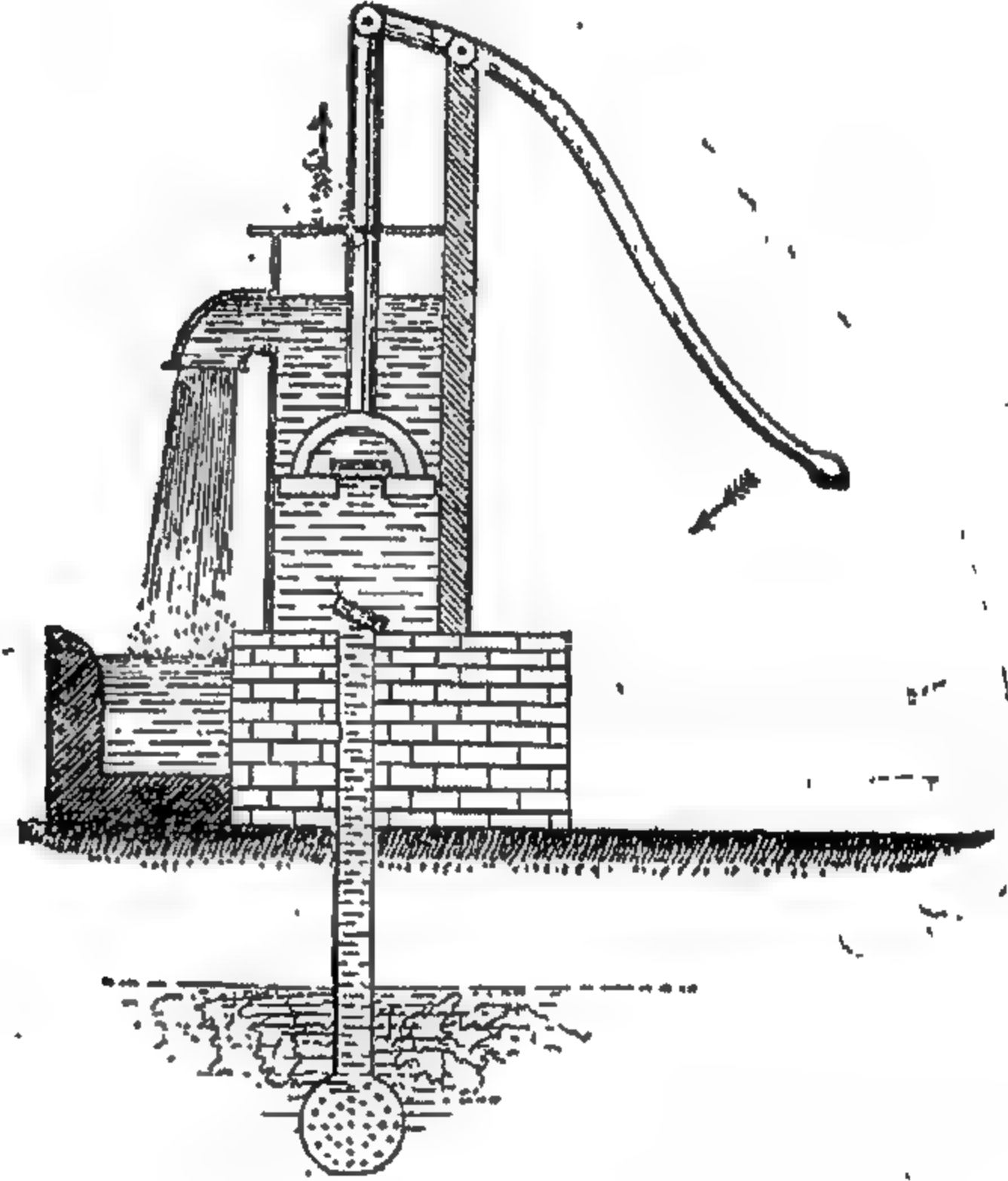
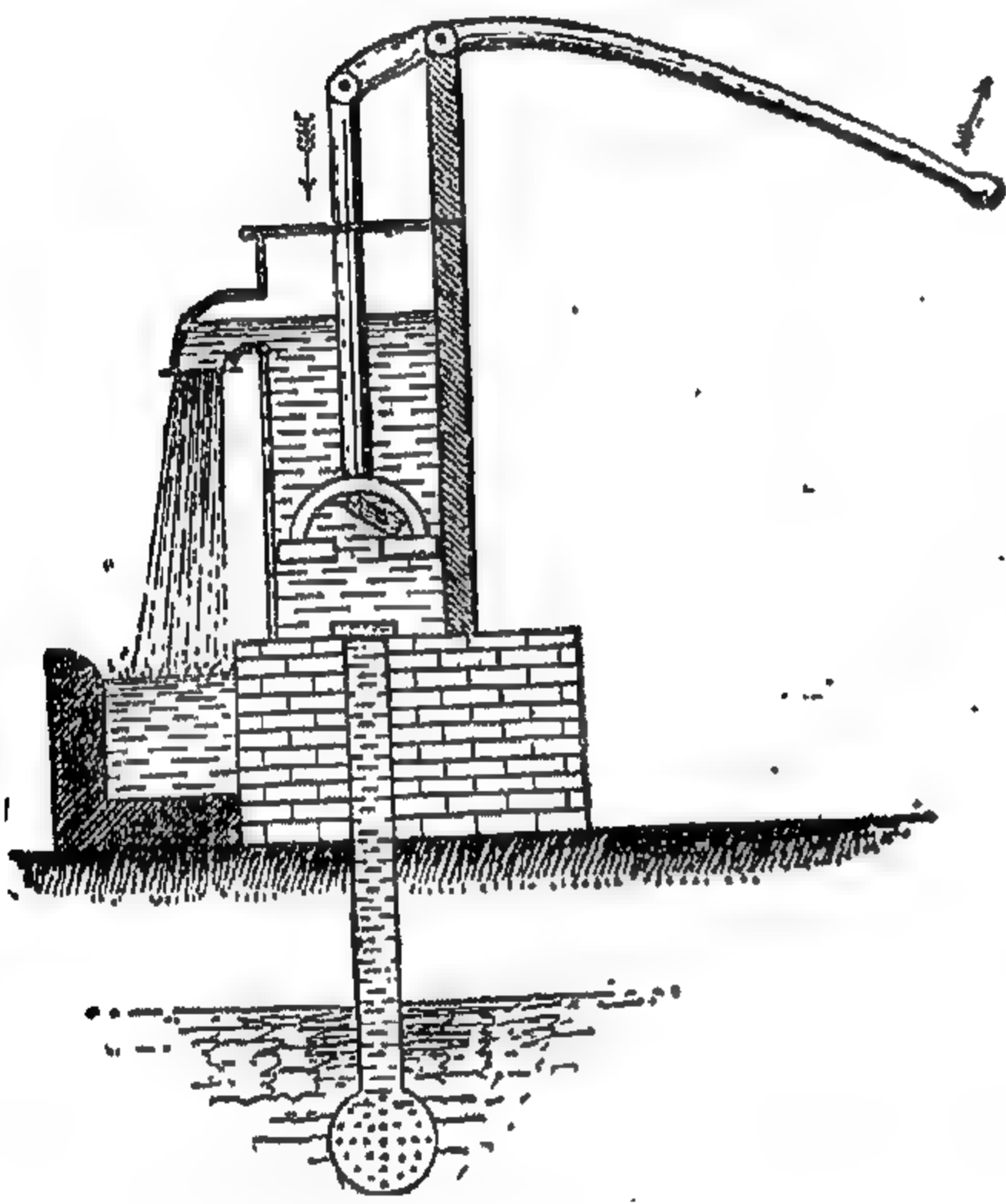
لوحاً رقيقاً من حديد مثلاً ، على شرط ألا يكون ثمت ماء بين هذا الجزء الضعيف ولوح الحديد ، إذ لو وجد أى قدر من الماء بين قعر الوعاء ولوح الحديد فإن هذا الماء يساعد على توصيل الضغط ، وكأن لوح الحديد غير موجود بتاتاً .

ولو أنك وضعت بدل لوح الحديد هذا كتلة من الحديد معلقة من أعلى ، واحتفظت بمنسوب الماء فإن الضغط على قعر الإناء يظل كما هو دون تغيير . إذ الواقع أن ضغط الماء يتوقف على علو سطحه أى على عمقه ، سواء فى ذلك اتسع سطح الماء أو ضاق . وقد كان إستيفن Stevin أول من استكشف ذلك . فقد كان مفتشاً على الأحواض والجسور والسدود فى هولندا ، وكانت طبيعة عمله تستلزم أن يلاحظ مقدار ضغط ماء البحر على السدود حتى لا يطنى عليها فيغرق السهول المنخفضة . فكان من عمله إذن أن يتأكد أن ضغط الماء لا يقوى على شق السدود ثم التدفق منها .

ضغط الهواء

أما عن الهواء فقد أدرك قدماء الإغريق فعلاً أن له وزناً ما ، ولكن ما كان يخطر ببالهم أن الهواء الذى يملأ حجرة يضغط على أرضها وعلى جدرانها وسقفها ضغطاً قد تباغ أطناناً . وما دامت السوائل تضغط فى جميع الجهات كما صر بنا فلم لا يكون للغازات ضغط مثلها وهى متنافرة الأجزاء بطبيعتها ؟ ولكن ذلك ظل خافياً على الناس سنين وأجيالاً . وكان الإغريق يظنون أن الفضاء الخلاء ، وهو ما يعبر عنه اليوم بالفراغ ، غير موجود فى دنيانا هذه ، لأنها تفرع بطبيعتها منه وتسرع إلى ملء كل فضاء خلاء يحدث بأية مادة تكون قريبة منه . فمثلاً إذا سددت أنبوبة مفتوحة الطرفين بسداد محكم أو مكبس ، ثم سحبت هذا السداد أو المكبس فى اتجاه واحد داخل الأنبوبة اندفع الهواء متتبعا هذا السداد أو المكبس . أما إذا سددت طرف الأنبوبة بسداد آخر ، ثم سحبت السداد الأول ناحية الطرف المفتوح ما استطعت سحبه إلا بصعوبة . وإذا تركته ارتد إلى حيث كان . فكان الإغريق يظنون أن هذه الصعوبة سببها كره الطبيعة للفضاء الخلاء وفزعها منه ، ووجدوا أنهم إذا غطوا الأنبوبة بالإصبع ثم حركوا المكبس انضغط الإصبع فى

الأنبوبة ، وإذن فطبيعة دنيانا هذه تأبى الفراغ ، وهي شديدة الرغبة في ملء كل فراغ . وإذن فلتستخدم هذه الرغبة أو هذا الفزع في رفع الماء عن طريق إنشاء مضخات كتلك التي لا تزال تستعمل في أيامنا الحاضرة . فأنبوبة المص في المضخة تغمر في الماء ، ثم يرفع المكبس فيرتفع الماء في الأنبوبة . ونجح الناس في رفع الماء بهذه الطريقة من عمق قدره ثلاثون قدماً ، أو إلى ارتفاع قدره ثلاثون قدماً أى تسعة أمتار تقريباً . وظل الحال كذلك عدة قرون دون أن يزيد هذا القدر ، ولعل سبب ذلك يرجع إلى أنهم لم يكونوا قادرين على إطالة الأنابيب أكثر من ثلاثين قدماً ، فلم يتحدد بالضبط الارتفاع الذي يرفع إليه الماء مثل هذه المضخات .



(شكل ٢٩) مضخة الماء الماصة ومكبسها يرتفع (شكل ٣٠) مضخة الماء الماصة ومكبسها ينخفض

فلما استطاع البعض في زمن غاليليو أن يصنعوا أنبوبة طويلة أربعمائة قدماً ظنوا أنهم قادرون على رفع الماء إلى قممها ولكنهم وجدوا لدهشتهم أنهم مهما شغلوا المضخة فإن الماء لا يمكن أن يرتفع إلى أكثر من ثلاثة وثلاثين قدماً ، أى إلى ما يزيد قليلاً عن عشرة أمتار ، وبدا لهم أنه عند هذا الارتفاع لا تفزع الطبيعة من الفضاء الخلاء ، ولا من الفراغ أياً كان . فدلّت هذه الملاحظة على أن هناك شيئاً غير صحيح بخصوص هذا الفزع الموهوم ، وبدأ الناس يشكون في وجود شيء كهذا . ولقد استشير غاليليو نفسه في

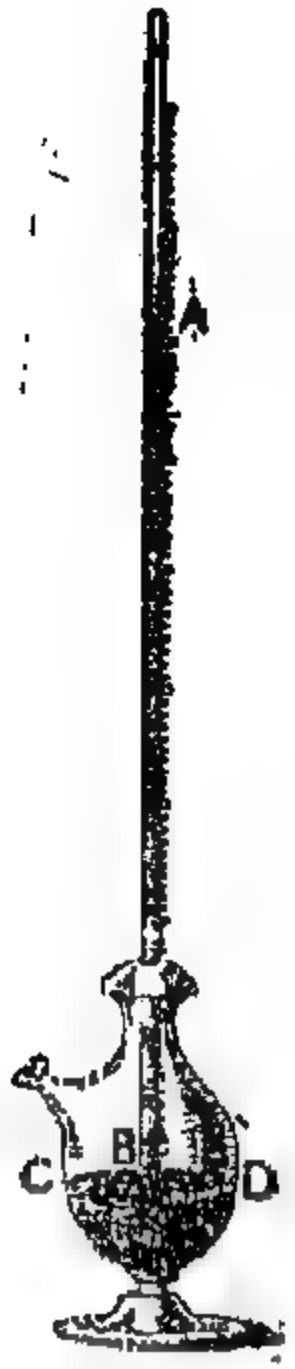
الموضوع ، فقال بصعوبة إحداث الفضاء الخلاء أو الفراغ ، وبأن لمشكلة « مقاومة الفراغ » حدوداً . ومات غاليليو قبل أن يصل إلى حل هذا المشكل ، ولكن صحبه ومريديه من أتباعه وتلاميذه توفروا على حل هذه المسألة حتى وصلوا في النهاية إلى تفسيرها تفسيراً كاملاً شاملاً .

تجربة تورشيلي

وكان العالم تورشيلي أشهر من خلف غاليليو من العلماء ، وكان يقيم في روما . قرأ تصانيف غاليليو وهو في السادسة عشرة من عمره ، وألف هو نفسه كتاباً في الميكانيكا ، واطلع غاليليو على هذا الكتاب فاستدعى مؤلفه الفتى إليه ، وسأله أن يقيم معه في فلورنسا ، ويقال إن عرى الصداقة قد توثقت بين الاثنين ، وإن غاليليو لما تقدم به العمر وفقد بصره في آخر أيامه كان يجد في حديث صديقه الفتى سروراً خفف عليه كثيراً من آلام الحياة ، ولما مات غاليليو رأى دوق توسكانيا أن يعين تورشيلي أستاذاً للرياضيات في الجامعة خلفاً لغاليليو .

ولم يمض على تورشيلي بعد ذلك زمن طويل حتى فكر في تجربة جديدة مدهشة بخصوص الفراغ . رأى أن يملأ أنبوبة بسائل ثقيل هو الزئبق بدل الماء ، وتوقع أن تكون « مقاومة الفراغ » المزعومة في حالة الماء أكبر منها في حالة الزئبق بقدر أربع عشرة مرة تقريباً ، أى أن الزئبق لا يرتفع في الأنبوبة ثلاثة وثلاثين قدماً بل حوالى ثلاثة أقدام . وتعب الرجل كثيراً في الحصول على أنبوبة زجاجية تلائم غرضه ، لأن صانعي الزجاج في ذلك الوقت لم يكونوا قد عرفوا بعد كيف يصنعون أنابيب زجاجية متينة على الرغم من أنهم كانوا مهرة في صناعة الأواني الزجاجية بجميع أنواعها الأخرى . ولم يقم تورشيلي نفسه بعمل التجربة ، بل قام بإجرائها أحد أصدقائه سنة ١٦٤٣ ، ثم شرحها تورشيلي في خطاب بعث به إلى صديق له في روما في السنة التالية . وما إن تسلم هذا الصديق ذلك الخطاب حتى بعث بمضمونه إلى محبه في باريس ، وشاع الأمر وأحدث شيوعه رجة شديدة في الأوساط العلمية .

وتلك كانت التجربة : ملئت بالزئبق أنبوبة زجاجية طولها ثلاثة أقدام ، مغلقة



(شكل ٣١)
بارومتر قديم

عند أحد طرفيها بالطبع ، ثم سد الطرف المفتوح بالإصبع بعد ملئها ، وغمر وهو كذلك في زئبق موضوع في حوض . ولما رفع الإصبع انحدر بعض الزئبق الذي في الأنبوبة إلى الحوض تاركا وراءه عند قمة الأنبوبة — أى عند طرفها المسدود — فراغا بلغ طوله حوالى نصف قدم ، وبذلك كان ارتفاع الزئبق في الأنبوبة قدمين ونصف قدم تقريبا أى حوالى ستة وسبعين سنتيمترا . ولما سمع العالم الفرنسى الشهير بسكال بهذه التجربة قال : « يخيل إلى أن الفراغ ليس مستحيلا في الطبيعة ، وأنها لا تنفر منه فزعة هذا الفرع العظيم الذى يتخيله البعض » .

بقى بعد ذلك أن تُعلّل هذه المشاهدة العجيبة الفذة تعليلا معقولا . وسرعان ما وصل العلماء الإيطاليون والفرنسيون إلى تفسيرها تفسيراً صحيحاً مبنيّاً على الحقائق التى كانوا وصلوا إليها عند وصلهم أنبوبتين رأسيّتين من أسفل ثم ملئهما بسائطين مختلفين ، فقد وجدوا أن عمودا من السائل الثقيل منهما يوازن عمودا أطول منه من السائل الخفيف . وقالوا لو كان يمكن عمل أنبوبتين ارتفاع كل منهما مائة ميل مثلاً ، فقد تصل كل منهما إلى نهاية الجو . فإذا تركت إحدى الأنبوبتين مملأى بالهواء ووضع في الأخرى بدل الهواء زئبق فإن عمودا قصيراً من الزئبق يتزن مع عمود الهواء الطويل الموجود في الأنبوبة الأخرى ، ويكون طول عمود الزئبق أقصر من طول عمود الهواء بنسبة خفة الهواء عن الزئبق . وتؤلف الأنبوبتان إذن مقياساً لإيجاد ضغط الجو ، أى أنهما تؤلفان معاً بارومتراً . وكل تغير يحدث في الهواء الذى يملأ إحدى الأنبوبتين يمكن الاستدلال عليه فوراً بارتفاع أو انخفاض عمود الزئبق المتزن في الأنبوبة الأخرى مع عمود الهواء . وإذن يمكن قياس الضغط الجوى .

قياس الضغط الجوى

وظاهر أنه في البارومتر يكفى أن تغلق الأنبوبة المشتملة على الزئبق عند ارتفاع ثلاثة

أقدام منها ، لأن الأمر لا يحتاج هنا لأنبوبة ارتفاعها مائة ميل أو أكثر ، وكذلك لا داعي لأنبوبة طويلة في الجانب الآخر . فلقد رأينا مما مر بنا أن ضغط السائل يتوقف على ارتفاع سطحه فقط . ولما كان اتساع الأنبوبة لا تأثير له البتة فإن أنبوبة الهواء يصح أن تكون واسعة بالقدر الذي نريده ، أو بعبارة أخرى ، يصح أن نزيلها بتاتا من الجهاز ، لأن ذلك يساعد على عدم دخول فقائيع الهواء في الفراغ الذي بأعلى الزئبق . وهذا يمكن الحصول عليه بثني الجزء الأسفل من أنبوبة الزئبق ، ثم بجعلها تتجه بفوهتها إلى أعلى مرة أخرى . فالزئبق إذن يرتفع في الأنبوبة الطويلة ويكون منخفضاً في القصيرة ، ويقاس ضغط الهواء الواقع على سطح الزئبق في الأنبوبة القصيرة بإيجاد الفرق بين سطحي الزئبق في الأنبوبتين .



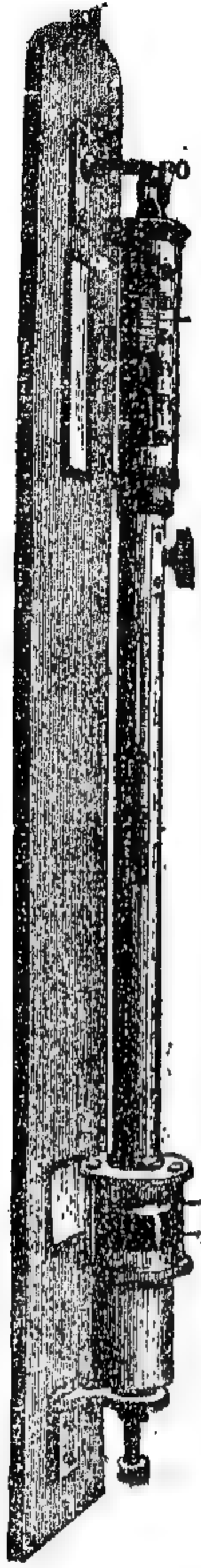
ويكون الأمر أسهل بالطبع لو دل سطح الزئبق نفسه على ضغط الهواء . وهذا يمكن الوصول إليه بغمر الطرف الأسفل لأنبوبة الزئبق في

إناء كبير مملوء بالزئبق ، بحيث لا يتأثر سطحه تأثيراً بليغاً إذا ما سال جزء قليل من الزئبق من الأنبوبة أو دخل فيها جزء قليل . فإذا درجت الأنبوبة أمكن تعيين الارتفاع بمجرد النظر . على أن القياس المضبوط إنما يحصل عليه بإيجاد البعد الرأسى بين سطحي الزئبق في الأنبوبة والإناء . وهذا الجهاز البسيط هو في الواقع البارومتر الزئبقي الحديث .

وكان تورشيلي نفسه يدرك أهمية تجربته ، فكتب يقول : « لا أريد فقط أن أوجد فراغاً ، بل أريد أن أصنع آلة تبين تغيرات الهواء الذي يكون يوماً ما ثقيلاً كثيفاً ويوماً آخر خفيفاً لطيفاً » .

وقال بسكال إنه إذا كان ضغط الهواء هو الذي يرفع الزئبق أسفل الفراغ ، فإن الزئبق الموجود في البارومتر يجب أن يكون أقصر عند قمة جبل منه عندما يكون على الأرض قريباً من سطح البحر . وسأل ضحراً له يقيم في جنوب فرنسا ، أن يأخذ بارومتراً ويصعد به على جبل عال . فلما فعل ذلك وجد أن عمود الزئبق قد هبط ثلاث

(شكل ٣٢)
بارومتر ذو مقياس
ماتوى الأنبوبة



(شكل ٣٣)
بارومتر فورتن

بوصات ، لأن جزءاً من الهواء ظل يضغط على الزئبق وهو في هذا العلو . وقد قال كل من شاهدوا إجراء هذه التجربة « إن هذا قد ملأنا سروراً وإعجاباً » وأخذ بسكال مئانة غير مملوءة تماماً بالهواء ، وصعد بها على جبل ، فوجد لدهشته أن المئانة جعلت تنتفخ شيئاً فشيئاً أثناء الصعود حتى انتفخت تماماً عند القمة ، فلما هبط بها عادت إلى سابق أمرها رخوة غير مشدودة . وقد دلت هذه النتيجة على أن الضغط الذي لم يكن كافياً لنفخ المئانة عند الأرض استطاع أن يقاوم ضغط الهواء ويتغلب عليه عند قمة الجبل .

ووجد نفر لم يستطيعوا أن يصدقوا أن ضغط الهواء يرفع هذا العمود من الزئبق مقاوماً فعل الجاذبية ، لأن مادة الهواء لطيفة لا تستطيع ذلك . وقالوا إن عمود الزئبق الذي طوله ثلاثون قدماً يضغط بقوة تساوي ثقل خمسة عشر رطلاً على كل بوصة مربعة من السطح الذي يحمله ، وبذلك يكون ضغط الهواء الواقع على جسم الإنسان مساوياً عدة أطنان . وهذا كثير لا يحتمله جسم الإنسان بأي حال . ولكن مخترعي البارومتر ردوا عليهم قائلين إن هذا الضغط الهائل يقع فعلاً على جسم الإنسان ، ولكنه يتزن مع ضغط الهواء الموجود في داخل الجسم ، ومن ثم لا يشعر الإنسان بأي ضيق البتة من جراء ضغط الهواء .

ومما يضحك أن أحد فلاسفة ذلك الزمان ادعى أن الزئبق ترفعه خيوط غير منظورة مدلاة من قمة الأنبوبة ، لأنه إذا سد أحد هذه القمة بإصبعه شعر بهذه الخيوط تشد إصبعه شداً !!!

على أن هذا الضغط المنكور قد ثبت وجوده بشكل أوضح على يد عالم أرلندي اسمه روبرت بويل ، إذ أنه برهن على أن الهواء المحبوس إذا انكمش لنصف حجمه تضاعف ضغطه فصار ثلاثين رطلاً على البوصة المربعة الواحدة .

الفراغ والضوء والصوت

وكان الفراغ الذي بأعلى عمود الزئبق موضع غرابة لدى مستكشفيه . فهو في نظرهم فضاء خلاء تماماً من كل مادة ، وهو من جهة أخرى أول فراغ من نوعه وصلوا إليه ، ويبدو لهم كأنه مملوء هواء ، أو هو شفاف مثله ، ومن ثم اتضح لهم أن الضوء لا يجد صعوبة في السير خلال الفضاء الخلاء . وقد أدى ذلك إلى التفكير فيما إذا كان الصوت يستطيع أيضاً أن يسير وينتشر في الفضاء الخلاء . وفعلًا حاول الجمع العلمي التجريبي الذي تأسس في روما بعد وفاة غاليليو أن يستكشف بعدة طرق ما إذا كان الصوت ينتشر في الفراغ أم لا . ولم يصلوا إلى قرار حاسم في الموضوع . فالناقوس الصغير الذي أدخلوه في الفراغ الذي أحدثوه ، معلقاً في خيط ، جعل يدق وهم يسمعون دقاته . والصوت في هذه الحالة قد يكون انتقل بسهولة عن طريق الخيط إلى الزجاج ، وبذلك لم تثبت التجربة شيئاً . ولم يستقر الرأي في هذا الخصوص على الحقيقة إلا بعد أن اخترعت مفرغة الهواء ، وثبت أن الصوت لا ينتشر في الفراغ .

وأصبح البارومتر الآن من الأشياء العادية التي ترى حتى في بعض المنازل للدلالة على الجو ، فإذا ما انخفض زئبقه بسرعة دل ذلك على اقتراب هبوب عاصفة ، واتخذ البحار حيطته فأوى إلى صرفاً أو أسرع إلى عرض البحر بعيداً عن صخور الشواطئ ؛ ونرى اليوم كل سفينة تسبح في اليم أو على متن الهواء مجهزة ببارومتر ، ولكنه بارومتر لا يشترط فيه أن يكون زئبقياً . والبارومتر المستعمل الآن هو البارومتر ذو وجه الساعة وذو المقربين الداخلي والخارجي . والداخلي منهما يعين موضع زميله الخارجي في أي وقت ، فيحركه يميناً أو شمالاً إذا ما ارتفع الضغط أو انخفض . وهذا المقرب الداخلي تحركه آلة في



(شكل ٣٤)

البارومتر المعدني ذو وجه الساعة

صندوق فلزي فرغ هواؤه . فبتفاوت ضغط الهواء شدة وضعفًا على غطاء الصندوق يتحرك
العقرب الداخلى فيتحرك الخارجى على الميناء .

وصار فى الإمكان التنبؤ بحالة الجو واتخاذ الحيطة اللازمة ، والفضل فى ذلك كله
للبارومتر الذى هو أحد كشوف علم الفيزيقا .
وكم لعلم الفيزيقا على الإنسانية من أفضال وحسنات .

الفصل الثامن

مفرغة الهواء

كان من رأى غاليليو أن تصاغ النظرية أولاً ، ثم توضع بعدئذ موضع الاختبار التجريبي ، أى أنها تختبر عملياً عن طريق التجارب . ويرى غيره عكس ذلك ، أى تجرى أولاً تجارب كثيرة ، ثم من نتائجها يصح أن تستخلص قاعدة عامة تصاغ في عبارة خاصة ، وتسمى عندئذ نظرية . وكان روبرت بويل من الطراز الثاني القائل بالتجربة أولاً ثم بالنظرية ثانياً . وهو أيرلندي اشتهر في غير ميدان الكيمياء ببحوثه الفيزيائية فيما سماه « نابض الهواء » أو « زنبرك الهواء » ، يريد به الضغط الذي يستطيع أن يحدثه الهواء

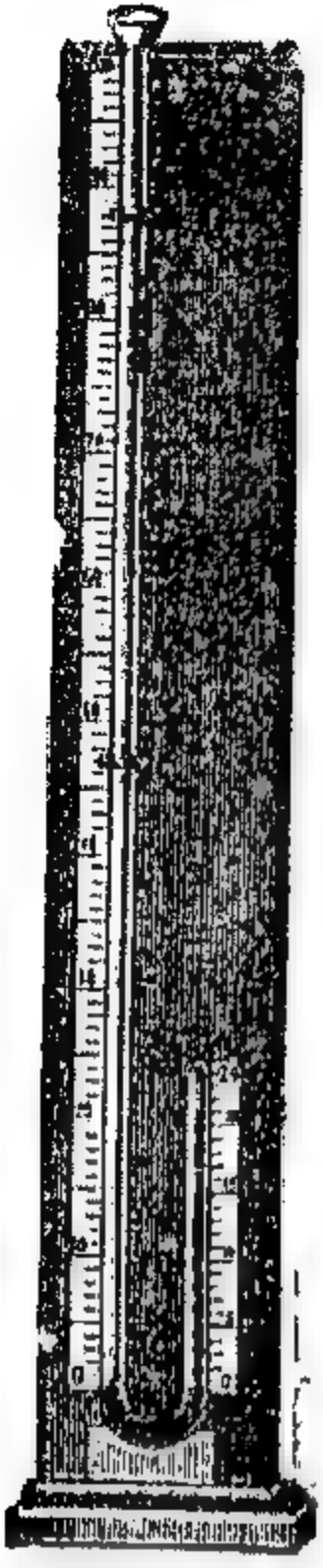


المحبوس المكبوس . جاء هذا العالم بأنبوبة زجاجية طويلة ثم ثناها فصارت ذات شعبتين ، طويلة مفتوحة وقصيرة مغلقة . ثم صب فيها زئبقاً بحيث احتوت شعبتها القصيرة على قليل من الهواء المحبوس الذي انضغط بسبب الزئبق الموجود في الشعبة الطويلة . وجعل يصب زئبقاً في الشعبة الطويلة على دفعات ، وفي كل مرة كان يلاحظ أن الفضاء المشتمل على الهواء يصغر

(شكل ٣٥) روبرت بويل

كلما زاد ضغط الزئبق . والواقع أنه وجد أن الهواء يسلك إلى حد كبير مسلك النابض أو الزنبرك المرن الذي ينفرط ثم ينضغط أو الذي يمتد ثم ينكمش .

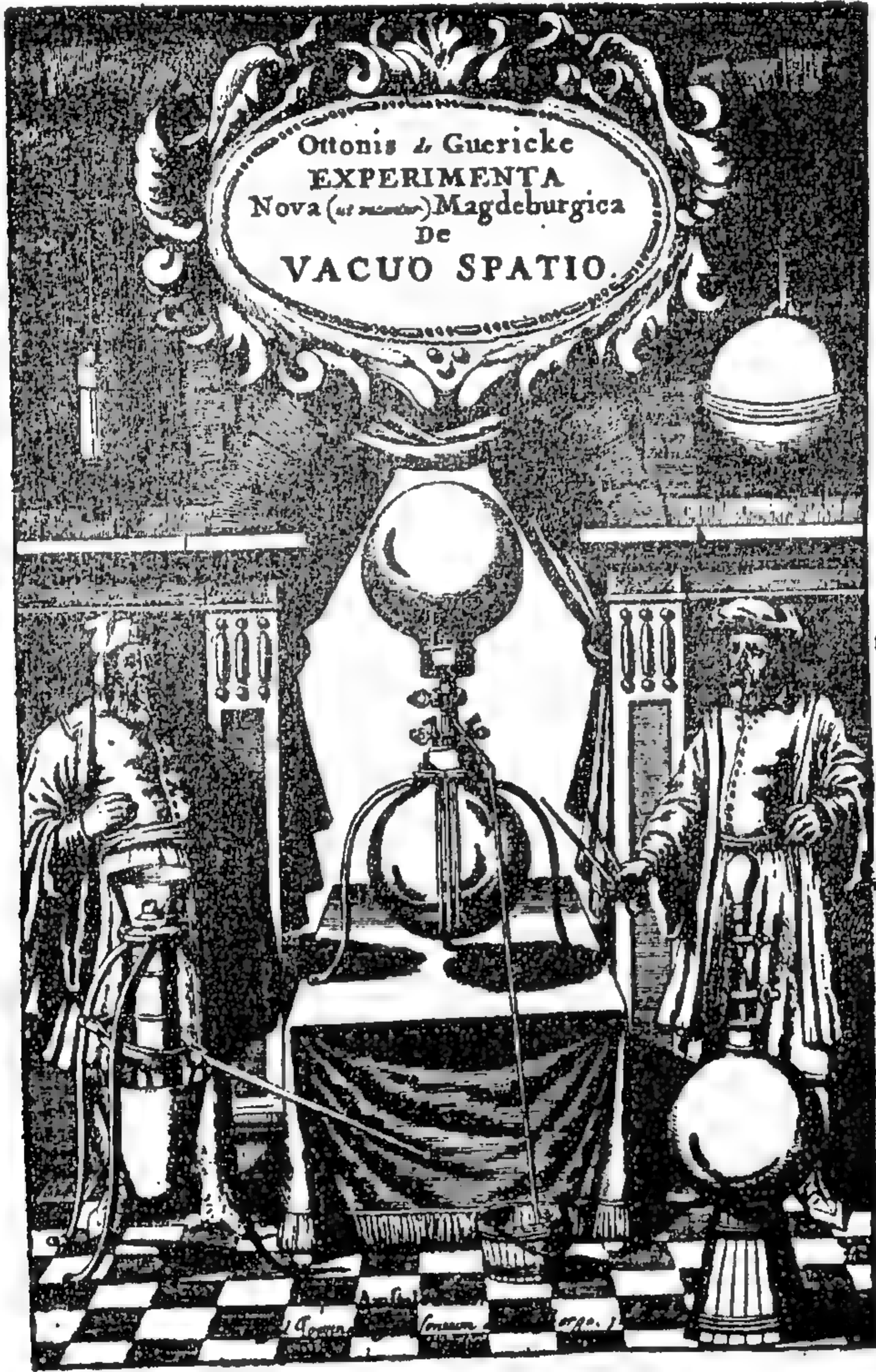
أوتوفون جيريك ومحاولاته



(شكل ٣٦)

أنبوبة بويل

وبعد أن أجرى بويل تجارب كثيرة من هذا النوع علم بظهور جهاز ابتكره ألماني ثم أجرى به تجارب عجيبة مذهشة جدا . واسم هذا الألماني أوتوفون جيريك من أسرة كبيرة في مجدبورج . تلقى العلم في جامعات ألمانيا ثم في ليدن ، ثم سافر بعدئذ إلى إنجلترا وفرنسا . ولما اكتسحت مجدبورج سنة ١٦٣١ خلال حرب الثلاثين سنة ، فر هو وأسرته ناجين بأنفسهم . ثم التحق بعدئذ بجيش جستاف أدولف يعمل فيه كمهندس . وفي سنة ١٦٤٦ عين حاكما لبلدة مجدبورج . وكان جيريك هذا يبحث في النجوم ، يريد أن يعرف ماهي ، وكيف تسبح في هذا الفضاء . وكان يعتقد أنها لا تسبح في هواء كهواء هذه الأرض ، لأنها لو كانت كذلك لقاوم الهواء سيرها وأوقفها على مضي الزمن . وظن أنه لكي يصل إلى معرفة حقيقة حركتها لا بد له أولا أن يوجد فضاء كذلك الفضاء الذي تسبح فيه هذه الأجرام السماوية ، وكان يرى أن هذا الفضاء لا بد أن يكون خلاء فارغا من كل مادة . ومن ثم حاول أن يوجد هذا الفضاء الخلاء أو الفراغ كما نسميه الآن . وكانت أولى طرائقه في هذا الصدد غريبة كل الغرابة . أخذ برميلا كبيرا من الخشب محكم الجدران ، ليست به إلا فتحة واحدة فقط ، ثم ملأه ماء . ووصل هذه الفتحة بمضخة مائية ، وحاول بكل ما أوتي من قوة أن يخرج الماء من البرميل عن طريق المضخة . وكان هذا أمرا صعبا جداً لم يكن يتوقعه ، لأن الهواء جعل يضغط على الماء بمعدل خمسة عشر رطلا على كل بوصة مربعة ، أو كيلو جرام وبعض جرامات على كل سنتيمتر مربع ، ومن ثم بقي الماء في جوف البرميل . ولو كانت الفتحة غير محكمة السد لاندفع الهواء إلى داخل البرميل من خلال هذه الفتحة نفسها . ولكن جيريك لمنع تسرب الهواء إلى داخل البرميل بقاتاً ، ولهذا جهد كثيرا في تفريغ الماء ، ولو كان استطاع أن يفرغ الماء كله لما كان يثبت شك في أن الماء قد ترك وراءه في البرميل فراغاً . وقد نجح فعلاً في إخراج جزء كبير من الماء بتشغيل المضخة بكل ما أوتيته من قوة ،



(شكل ٣٧) أوتوفون جيريك ومفرغته على يسار الصورة من أسفل .
وفي يمين الصورة من أسفل توجد الكرة التي استخدمت لإيجاد وزن الهواء
وفي يمين الصورة من أعلى نصف كرة مجدبورج

ولكنه كان كلما تدفق الماء يسمع صوت قرقرة سببه دخول الهواء من بين القطع
الخشبية المكونة لجدار البرميل ، إذ كانت غير محكمة التركيب فلم تستطع صد الهواء عن
اقتحام البرميل . فخطر له أن يضع برميلا داخل برميل ، ولكنه لم ينجح كما كان يرجو
لأنه استمر يسمع صوتا كفحيح الأنفى أو شقشقة الطير . واستمر في تجربته هذه عدة

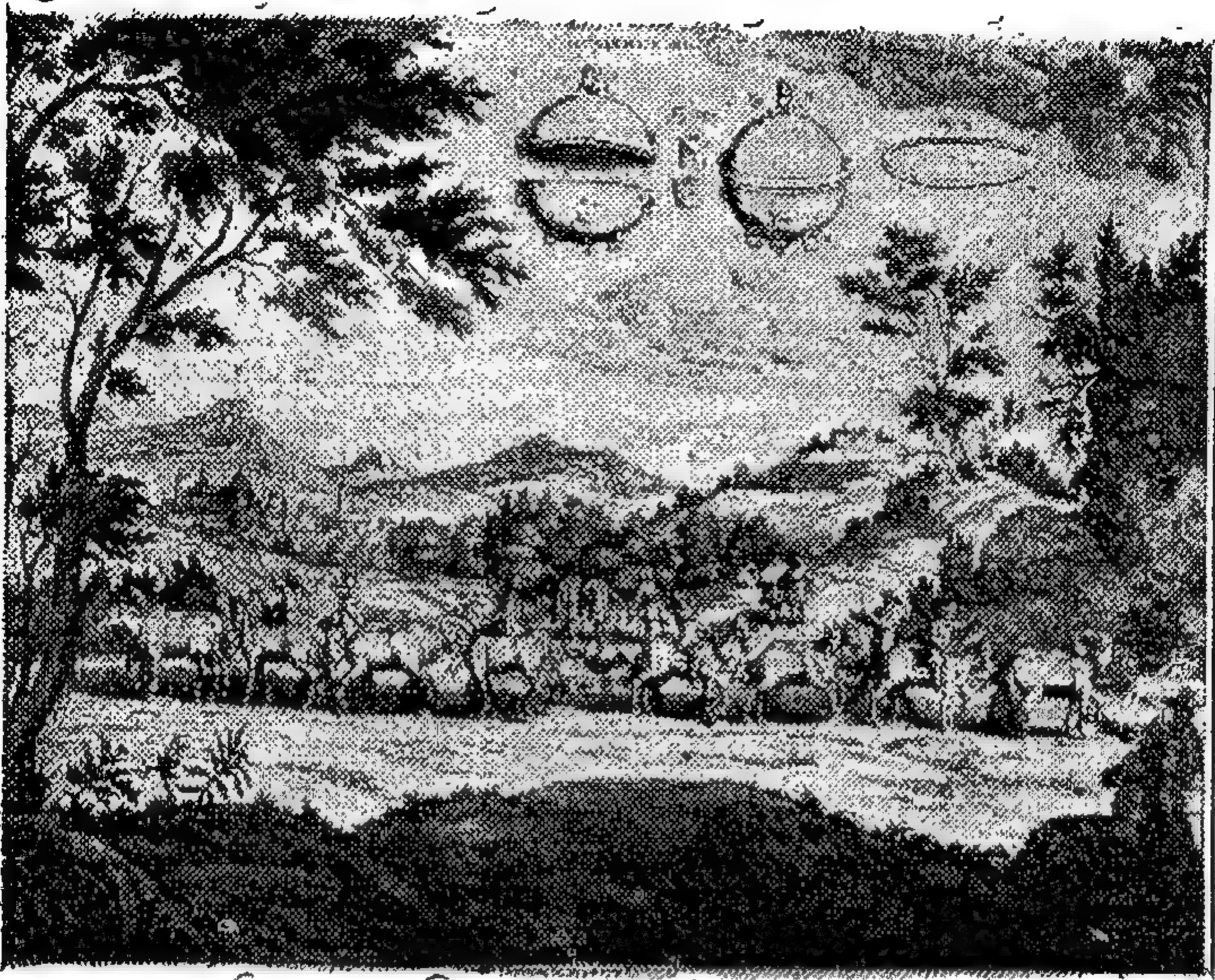
أيام كان البرميل في خلالها قد امتلأ بالهواء . فاقتنع جيريك بأنه لن يستطيع الحصول على الفضاء الخلاء ما دام يستخدم في تجربته برميلا من الخشب .



(شكل ٣٨) جيريك يفرغ الماء من البرميل

ومن ثم جرب
تفريغ كرة مصنوعة من
النحاس الرقيق المطروق .
واشتغل ثلاثة رجال في
تفريغ هذه الكرة من
الهواء ، وما كاد معظم
الهواء يخرج منها حتى
انفجرت ، وأحدث
انفجارها دويًا كبيراً ،
وذلك لأن ضغط الهواء

الخارجي حطمها تحطياً . فصنع كرة أخرى من النحاس السميك وقسمها نصفين تفصلهما حلقة من الجلد المنقوع في مخلوط من الشمع وزيت الطورمنتينا . وتلك هي كرة مجدبورج الشهيرة في كتب « الطبيعة » وقد سميت باسم المدينة التي أجريت فيها التجربة . فلما فرغت هذه الكرة من الهواء لصق نصفها معاً لصوقاً شديداً ، ولم يستطع أحد أن يفصلهما . ولكن لما ترك الهواء يملأ جوف الكرة ، وذلك بفتح صنبور مركب في أحد النصفين ، انفصلا بسهولة . وأجريت هذه التجربة ذات يوم أمام إمبراطور ألمانيا إذ ذاك . وكبار رجال الدولة ، واستطاعوا في هذه المرة أن يفصلوا النصفين بعد تفريغ الهواء ولكن باستخدام ستة عشر جواداً من كرام الخيل ربط ثمانية منها في نصف والثمانية الأخرى في النصف الآخر . وكانت هذه التجربة أشبه بشد الحبل ، وإنما بين الخيول لا بين الرجال . وقدروا قوة اتصال النصفين يومذاك بما يعدل وزن طن . ولا تخلو اليوم المعامل المدرسية من نصفى كرة مجدبورج .

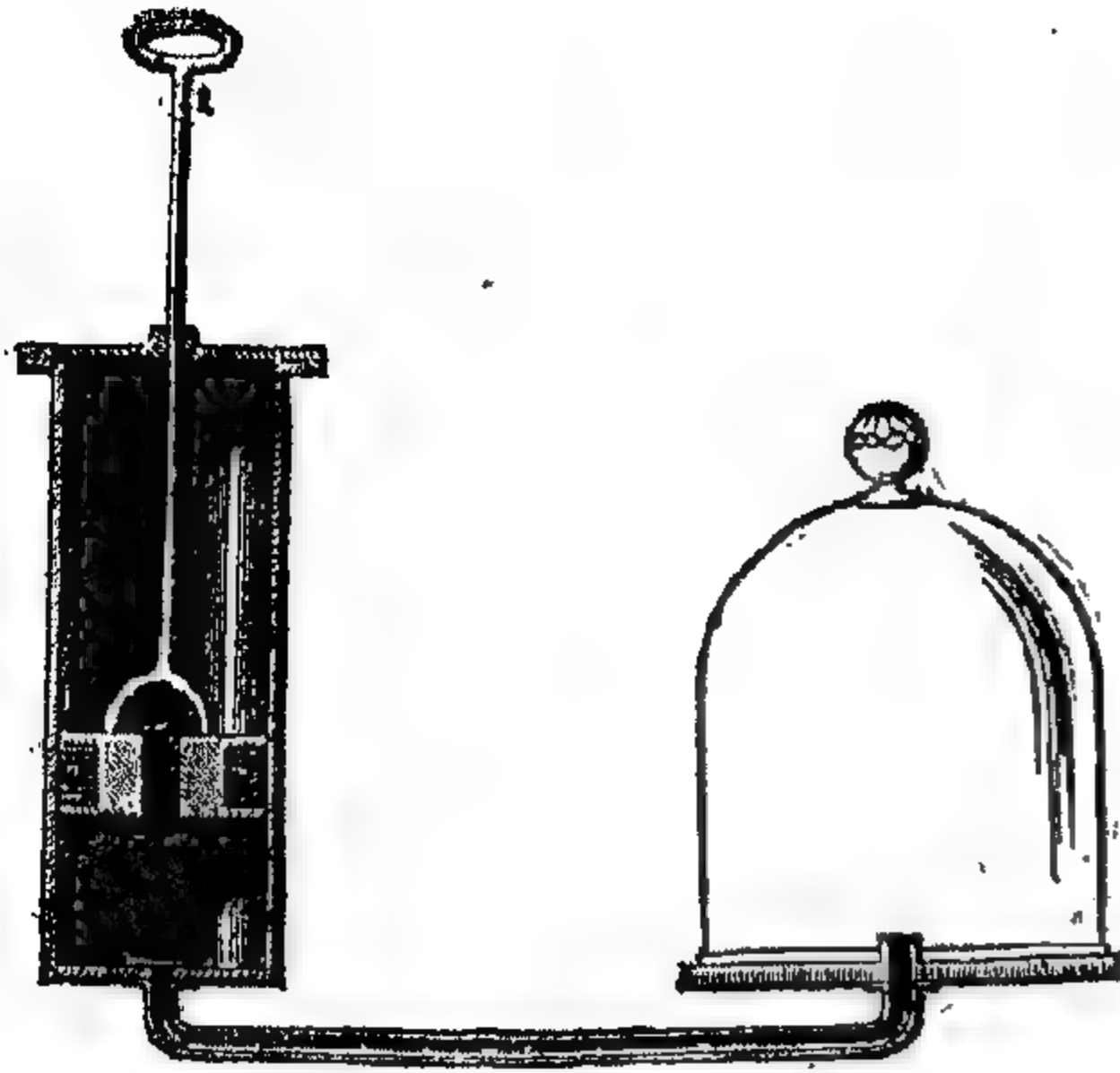


(شكل ٣٩) نصف كرة مجدبورج بعد التفريغ يحاول فصاها ستة عشر جواداً

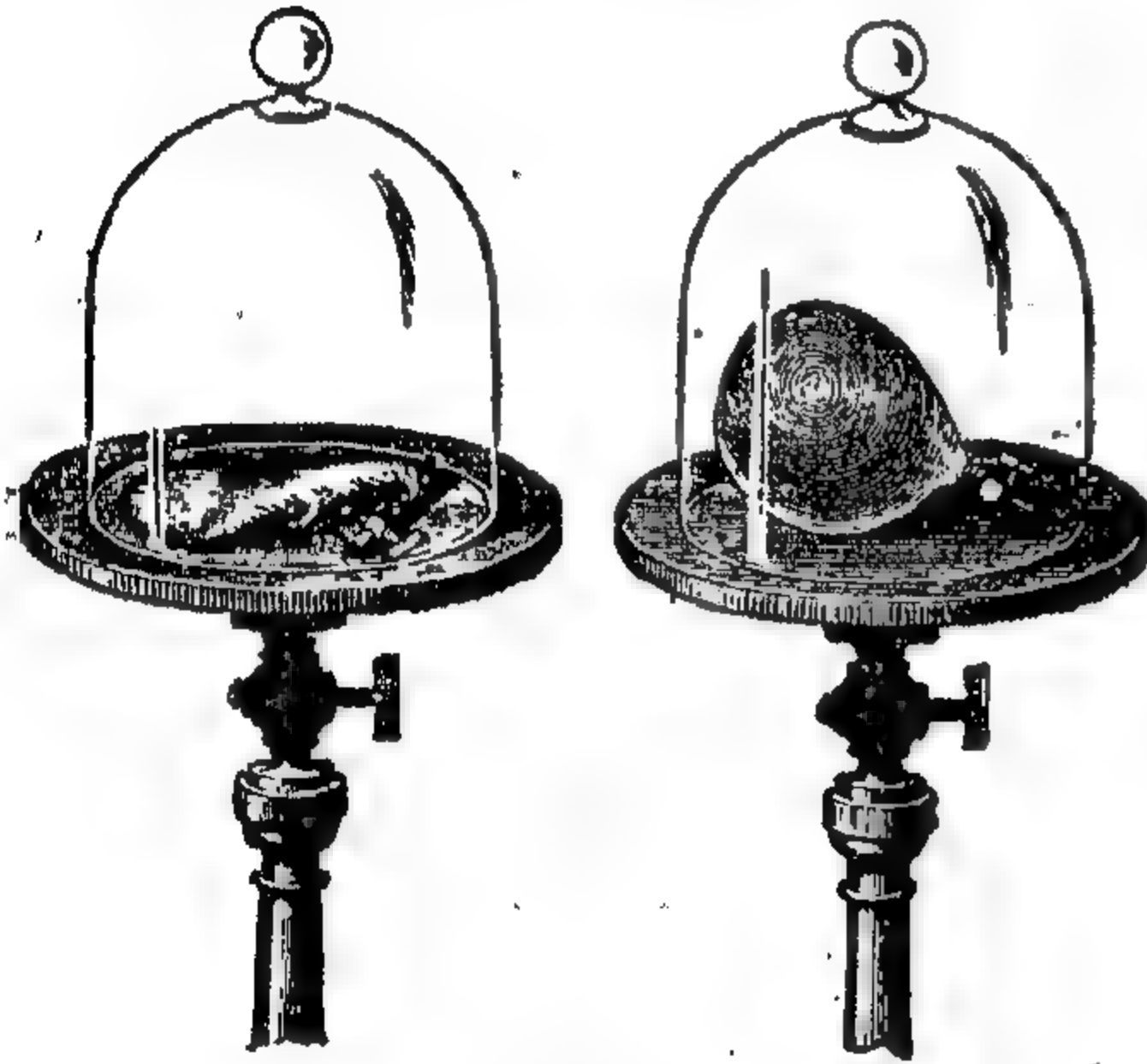
تجارب بويل

ولما سمع بويل بهذه التجارب أعد مفرغة للهواء تركب فوق أنبوتها الماصة كرة من الزجاج المتين ذات فتحة من أعلى يغطيها سداد . وكانت لهذه الكرة من أسفل رقبة أسطوانية هي التي تركب على أنبوبة المص ، وبهذه الرقبة صنبور ، فكانت إذن ترفع بسهولة كلما أريد رفعها . وبدأ بويل يجري ما شاء من التجارب . فأدخل في الكرة مثانة صغيرة مغلقة تشتمل على قليل من الهواء ثم أدار المفرغة . فوجد أن المثانة انتفخت على الفور ، وجعل انتفاخها يتزايد حتى انفجرت . وواضح أن انفجارها نشأ عن زيادة ضغط الهواء الموجود بالكرة وتغلبه عليها .

وجاء بكأس مملوء ماء ، ثم أدخلها في الكرة وفرغ هواءها . فوجد لدهشته أن الماء بدأ يغلي . وظهرت الفقائيع على الرغم من أن حرارة الماء لم تبلغ درجة الغليان . فظن بويل أن الماء يمكن أن يتحول إلى هواء . ولكنه كان في ظنه هذا مخطئاً ، لأننا نعلم الآن أن البخار يتصاعد من الماء متى قل ضغط الهواء الواقع على السطح ، حتى إذا كانت درجة الحرارة منخفضة . ووجد بويل أن لسقوط الماء في الفراغ المزعوم صوتاً يشبه



(شكل ٤٠) مفرغة باين



(شكل ٤١) المثانة المشتملة على قليل من الهواء تذفخ إذا وضعت في ناقوس الآلة المفرغة متى فرغ هواؤه

ثم نجح بعدئذ في إثبات أن الفراغ لا يسمح بانتقال الأصوات فيه ، وذلك بأن وضع ساعة في الإناء الذي أراد تفريغه ، وكان كلما مضى في تفريغ الهواء تضاعل صوت دقات الساعة شيئاً فشيئاً إلى أن انعدم تقريباً . وكان يرى أن تأثير امتصاص الفضاء الخلاء للغازات التي تقترب منه من الشدة بحيث إذا زفر شخص في فراغ كبير زفرة واحدة كانت هذه الزفرة آخر أنفاسه . ومن لطيف ما يروى عنه عند تفريغه كرة مجدبورج بمفرغته الجديدة أنه قال : —

« عند فتح صنبور الكرة النحاسية بعد تفريغها اندفع الهواء إلى داخلها بقوة عظيمة وكأنما أراد أن يسحب معه إلى داخلها الشخص القريب منها . ولو أنك لفت وجهك

صوت سقوط الجسم المعدني .

ولما أدخل دنس باين الفرنسي التحسين الأخير على مفرغة الهواء ، أجرى تجارب على المثانة المشتملة على قليل من الهواء حينما توضع في ناقوس الآلة المفرغة . وكانت تجاربه هذه أولى خطواته في سبيل اختراع الآلة البخارية التي ينسب اختراعها خطأ إلى جيمس وات الإنجليزي ، مما سنفصله عند الكلام على الآلة البخارية ومخترعها .

مفرغة جيريك

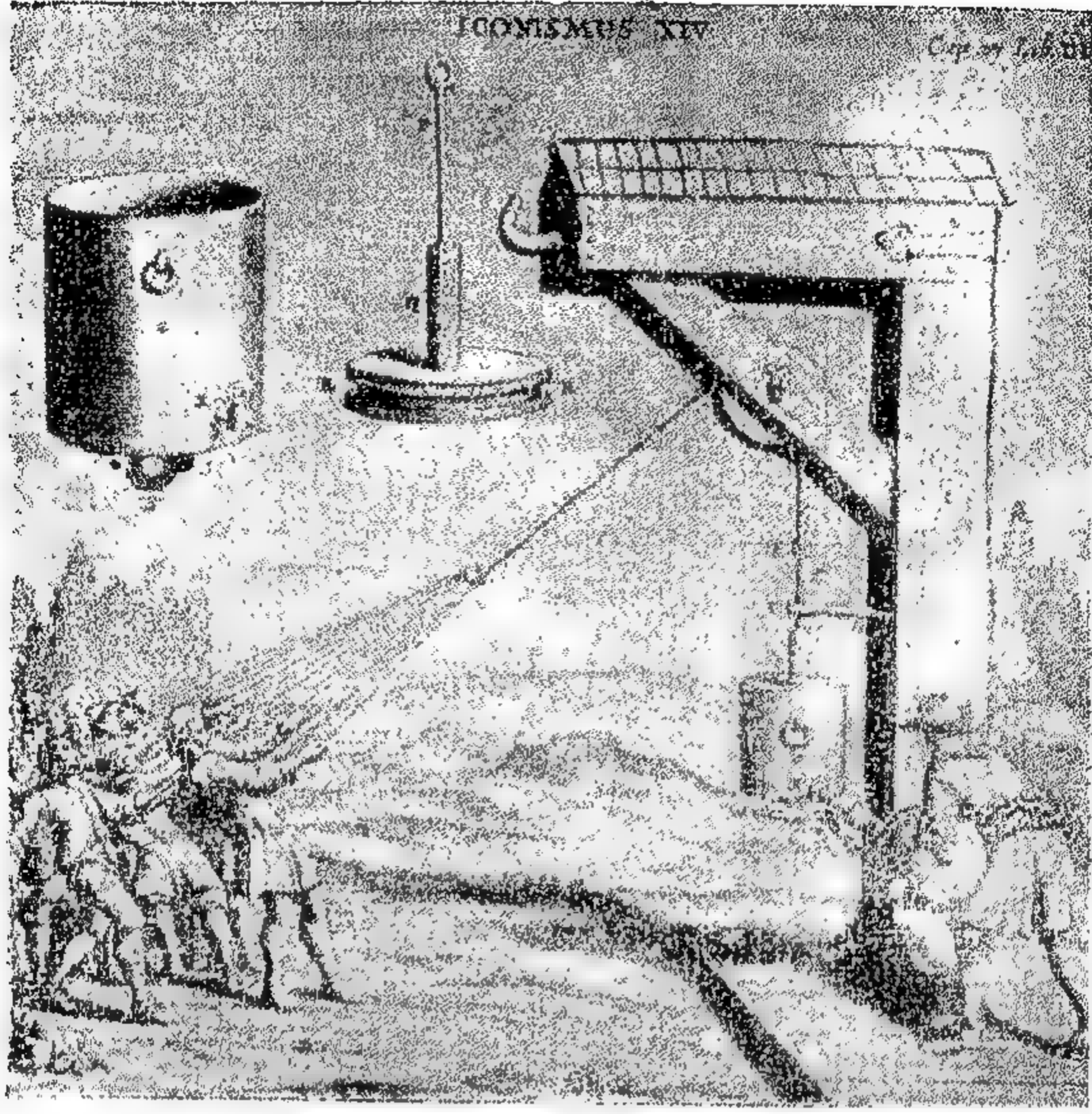
وفي الوقت الذي أتم فيه بويل اختراع مفرغته كان جيريك منهمكا في تحسين مفرغته ، وسرعان ما استطاع أن يفرغ بها بعد اصلاحها معظم الهواء الذي يكون موجوداً في الإناء المراد تفريغه ، غير تارك إلا جزءاً واحداً فقط من ثلاثين جزءاً منه . وذلك بأن وضع ساعة في الإناء الذي أراد تفريغه ، وكان كلما مضى في تفريغ الهواء تضاعل صوت دقات الساعة شيئاً فشيئاً إلى أن انعدم تقريباً . وكان يرى أن تأثير امتصاص الفضاء الخلاء للغازات التي تقترب منه من الشدة بحيث إذا زفر شخص في فراغ كبير زفرة واحدة كانت هذه الزفرة آخر أنفاسه . ومن لطيف ما يروى عنه عند تفريغه كرة مجدبورج بمفرغته الجديدة أنه قال : —

« عند فتح صنبور الكرة النحاسية بعد تفريغها اندفع الهواء إلى داخلها بقوة عظيمة وكأنما أراد أن يسحب معه إلى داخلها الشخص القريب منها . ولو أنك لفت وجهك

نحوها وأنت على بعد ما منها لانسحبت أنفاسك إليها . والواقع أنك لا تستطيع أن تقرب يدك من الصنبور دون أن تتعرض لخطر اندفاعها بشدة إلى داخل الكرة .

وأبي كبير قواد ألمانيا إذ ذاك أن يصدق ما يقوله جيريك عن مفرغته ، فأراد أن يمتنعه بطريقة أخرى . وذلك أنه صنع اسطوانة نحاسية يتحرك في داخلها مكبس محكم الوضع لا ينفذ الهواء بتاتا ، ثم ربط هذا المكبس بحبل يمر على بكرة ملساء ، وربط بالطرف الخالص للحبل عشرين حبلا أخرى ، أمسك بكل حبل منها رجل قوى عضل . ثم شد الرجال الحبال ، فارتفع المكبس حتى بلغ قمة الاسطوانة . وكان جيريك قد ثقب الاسطوانة من أسفلها . فلما جاء بكرته المفرغة ، وأدخل رقبتها الرفيعة في هذا الثقب ، ثم فتح صنبورها الذي كان مغلقا ، اندفع هواء الاسطوانة إلى داخل الكرة ، وبعبارة أوضح ، دُفع هذا الهواء بقوة الهواء الخارجي . وكانت قوة الاندفاع من الشدة بحيث هبط المكبس جاذبا إليه أولئك الرجال الأقوياء العشرين المسكين بالحبال ، ولم يستطيعوا الاحتفاظ بالمكبس في مكانه في أعلى الاسطوانة .

ومن الغريب أن جيريك ظل طيلة هذا الوقت كله يجهل التجارب التي كان أجراها في إيطاليا تورشيلي تلميذ غاليليو ، وقد مر بنا ذكرها في الفصل الماضي . ولو أنه كان سمع بها لحاول أن يحصل على فراغ تام عن طريق الزئبق كما كان يعمل تورشيلي ، وكما يحدث الآن ، ولكن جهازه يفضل من بعض الوجوه جهاز الإيطاليين ، فإن هؤلاء لما أرادوا أن يعرفوا ما إذا كانت الحيوانات تستطيع أن تتنفس في الهواء المختل ، أي الهواء الذي فُرع بعضه ، جاءوا بطيور و بعض حيوانات أخرى صغيرة ، ثم أدخلوها في الفراغ الموجود بأعلى عمود الزئبق ، فوجدوا بالطبع أن الحيوانات لم تستطع أن تعيش ، أولا لأن الهواء ضروري للتنفس ، وثانياً لأن تكوين جسمها قد اضطرب بل تقوض من جراء ضغط الهواء الموجود في جوفها ، والذي لم يجد ما يوازنه من الهواء الخارجي . ولكن أمثال هذه التجارب وغيرها من تجارب الاحتراق يمكن إجراؤها بشكل أتم وأحسن باستخدام مفرغة الهواء التي صنعها جيريك ، وإن يكن لا يعزب عن البال أن إجراء أمثال هذه التجارب الآن على الحيوانات أصبح غير ضروري ، لأننا نعلم أن الهواء لازم لحياة الحيوان كما هو لازم



(شكل ٤٢) ضغط الهواء على المكبس يتغلب على عميرين وجلا

لحياة الإنسان ، فإذا حرم منه ما استطاع أن يعيش .
 وتحقق الناس بعد ظهور مفرغة الهواء أن دنيانا هذه إذا فقدت هوائها أصبحت كرة
 بليدة لا حياة فيها ، فلا إنسان ولا حيوان ولا مزروعات . والواقع أننا في قاع نخضم من
 الهواء بعيد الغور هو من ألزم لزوميات الحياة .
 وقد أدى اختراع مفرغة الهواء إلى اختراعين عظيمين ، هما الآلة البخارية والمنطاد ،
 هما منفصله فيما سيبحث من الفصول .

المنطاد

الفصل التاسع

نيوتن



في بلدة جرانثام ، إحدى البلاد الريفية الانجليزية ، أثناء هبوب تلك العاصفة الهائلة التي اجتاحت إنجلترا عقب وفاة المصلح الإنجليزي الكبير أوليفر كروموويل ، كان يرى صبي يلعب وحده لعبا عجيبا يلفت النظر . كان يدير ظهره للريح الشديدة ثم يقفز قفزة طويلة بطبيعة الحال ، ثم يدير بعدئذ وجهه للريح ويقفز مرة أخرى قفزة أقل طولا من سابقتها بالطبع . وكان في كل مرة يقيس طول القفزة ، لأن هذا القياس كان في نظره خير وسيلة لقياس قوة هبوب الريح .

لم يكن هذا الصبي غير إسحق نيوتن الذي نبهنا ذكره فيما بعد ، والذي نبغ في العلوم الرياضية والطبيعية ، واستطاع أن يقيس لا قوة الريح فقط بل القوة التي تجعل الكوكب السيار ينزع إلى البقاء أبدا في فلكه لا يحيد عنه شعرة .

(شكل ٤٣) تمثال نيوتن في كبردج

ولد نيوتن سنة ١٦٤٢ ، وهي السنة التي منى فيها العالم العلمي بوفاة أحد عباقرته ونقصد به غاليليو . وكانت ولادته في ضيعة وولستورب بالقرب من جرانثام في لنكولنشير . وكانت هذه الضيعة ملكا لذويه ، مضى عليهم فيها ما يزيد على مائة عام . ولكن دخلها كان ضئيلا لا يتعدى ثلاثين جنيها في العام . ومات أبوه ولم يكتمل من العمر ستة وثلاثين

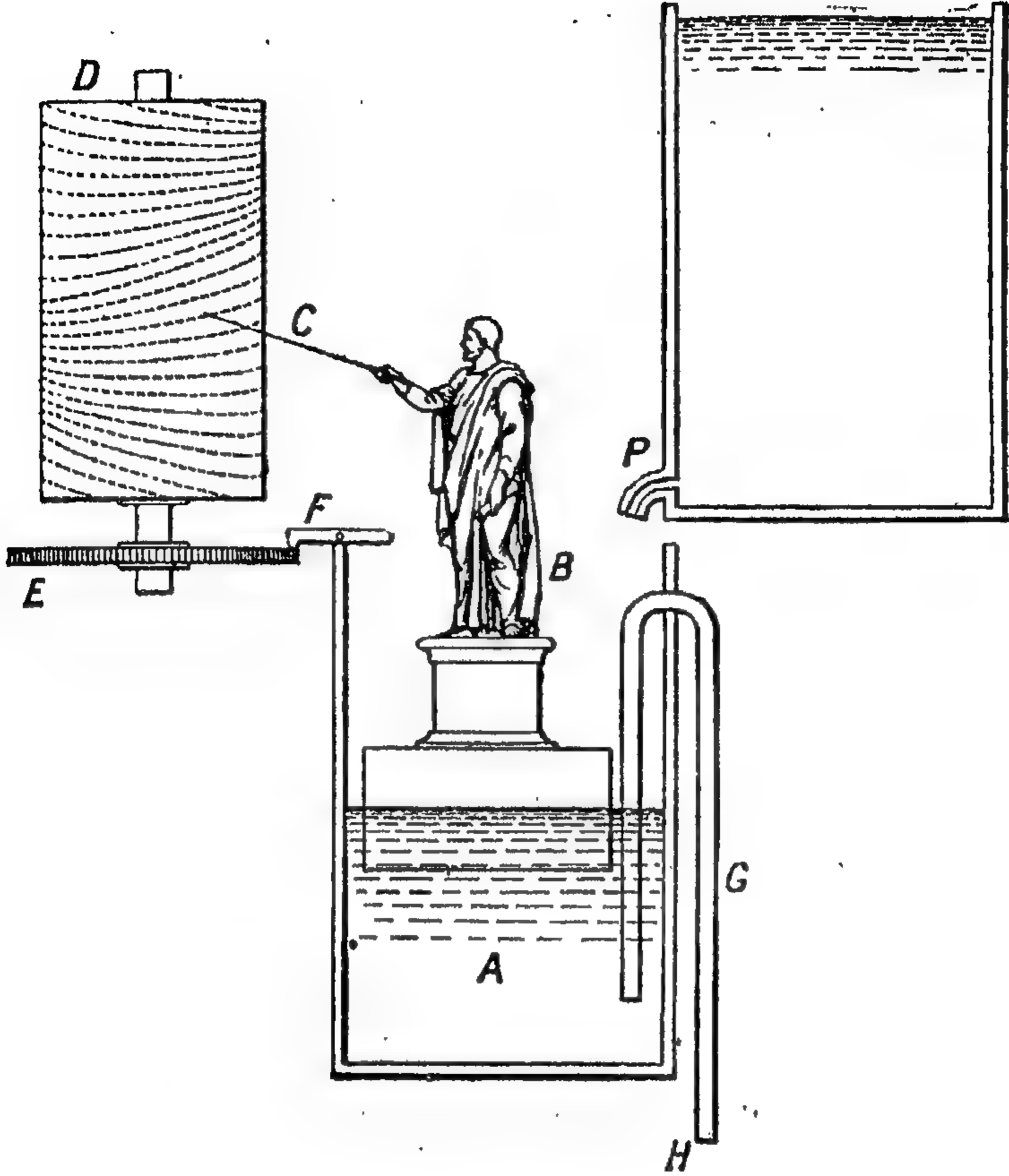
ربيعا ، وكانت وفاته عقب زواجه من أمه بيضعة شهور . فهو إذن قد ولد يتيم الأب ، لم تكن له أم ، وعلمنا أبيه برؤيته . وسمته أمه إسحق نيوتن وهو اسم أبيه . ثم تزوجت أمه ، وهو لا يزال طفلا صغيرا ، من القس برناباس سمث كبير قساوسة الأبرشية المجاورة . فكفلته جدته لأمه ، ورأت أن تقوم على تربيته إلى أقصى ما تسمح به الظروف . وكان وهو طفل ضعيفا مريضا لا يرجى له أن يعمر تلك السنين الطويلة التي توجت حياته الممتلئة نشاطا . ولما بلغ الثانية عشر ألحقته جدته بمدرسة في بلدة جرانثام التي هي على مسيرة ستة أميال لكي يتعلم القراءة والكتابة . وفي هذه البلدة أقام مع صيدلي يدعى كلارك نظير جعل خاص .

حياته المدرسية

ولم تبد عليه في المدرسة في مبدأ الأمر مخايل الذكاء بل كان الأخير في فصله دائما . وفي ذات يوم اعتدى عليه في الطريق أحد زملائه بأن ركله في بطنه ركلة شديدة رأى إزاءها أن يثار لنفسه ، فتلا كما وكانت الغلبة لنيوتن . ولم يقنعه أن يكون الفائز في هذه الملاكمة بل صمم على أن يبرز هذا الزميل المعتدى عليه في الدرس أيضا . ومن ثم عكف على الدرس ، إصغاء وانتباها في الفصل ومذاكرة في المنزل ، فلم يبرز خصمه هذا فقط بل تقدم زملاءه أجمعين ، وأصبح الأول في المدرسة .

وكان نيوتن محبا للعزلة والاعتكاف ، لا يشترك في الألعاب ولا يحضر الحفلات المدرسية . وكان يصرف وقت فراغه في صنع نماذج آلية . فمن ذلك أنه صنع نموذجا لطاحون هوائي ، وآخر لساعة مائية . وفكرة الساعة المائية قديمة ، ولكن نموذجه بني على فكرة تساقط الماء تقطا بسرعة منتظمة ، حتى إذا ما ارتفع مبطح الماء في الحوض الذي تتجمع فيه نقط الماء ارتفع طوف من الخشب فحرك عقرب الساعة .

وعلم رفاقه كيف يصنعون الطيارات من الورق . واستطاع أن يصنع من الورق فوانيس توقد الشموع بداخلها فينير بها الطريق لرفاقه زمن الشتاء . وكان قد عرف أن أهل الريف ترعيب المذنبات ، فما كان منه ذات ليلة إلا أن ربط فانوسا بذيل إحدى



(شكل ٤٤) ساعة مائية يتساقط الماء فيها فيرفع طوقاً من الخشب على شكل رجل بيده مؤشر يرتفع معه فيحرك اسطوانة . وإذا ما ارتفع الطوف إلى أعلى نقطة تكون الاسطوانة قد دارت دورة كاملة . وينسكب الماء كله من المماس بفعل الضغط الجوي ويبدأ يوم جديد .

الطيارات التي صنعها من الورق ، ثم أطلقها في الهواء . فلما ارتفعت وسط ذلك الليل البهيم أخذت الأثر المطلوب حيث فزع سكان القرية أيما فزع .

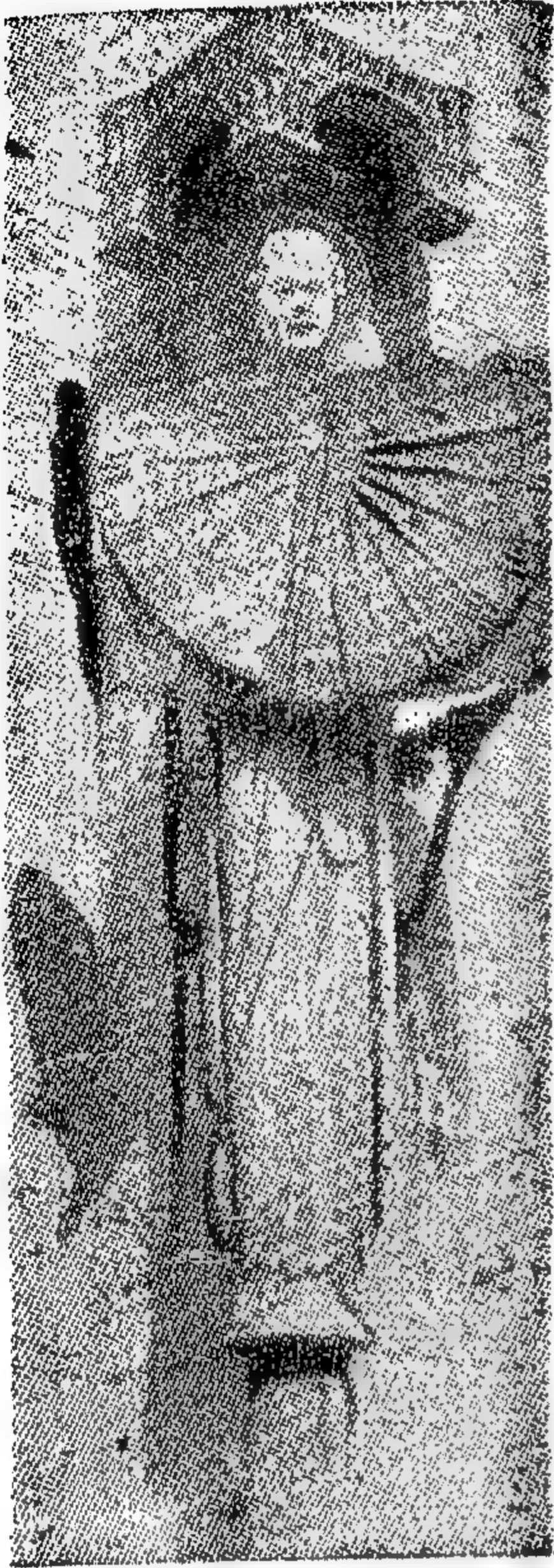
ولما بلغ نيوتن الرابعة عشرة توفي زوج أمه ، فعادت إلى الضيعة تقيم في المنزل المشيد فيها . ورأت أمه أن ولدها قد بلغ السن التي يصح أن يمتحن فيها الفلاحة ، يفتح الأرض ويزرعها ، فجاءت من جرائثام إلى الضيعة ، وكان طبيعياً في نظر أمه أن يترك الدراسة إلى الفلاحة ، مكتفية بأن تبعث به إلى جرائثام كل يوم تقام فيه السوق تحت إشراف خادِم عجوز كانت تثق فيه . ولكن الفتى لم يظهر ميلاً لمزاولة أعمال البيع والشراء أو حتى

ملاحظتها ، فكان إذا ما بلغ جرانثام وترجل هو وخادمه عن جواديهما ، يترك الرجل وحده يذهب إلى السوق يبتاع ما يريد ، ثم يذهب هو إلى مسكنه القديم في دار الصيدلي يمضي وقته في مطالعة كتب هذا الصيدلي التي كانت كلها كتباً كيمياوية . ويظل كذلك حتى يجيء خادمه يسأله العودة . ويثس الخادم من أن يتعلم سيده الصغير ممارسة البيع والشراء في الأسواق ، واضطر في نهاية الأمر أن يخبر سيده برأيه في ولدها ، وهو أنه لا يصلح للفلاحة ولا يمكن أن يكون مزارعاً .



(شكل ٤٥) ساعة شمسية قديمة

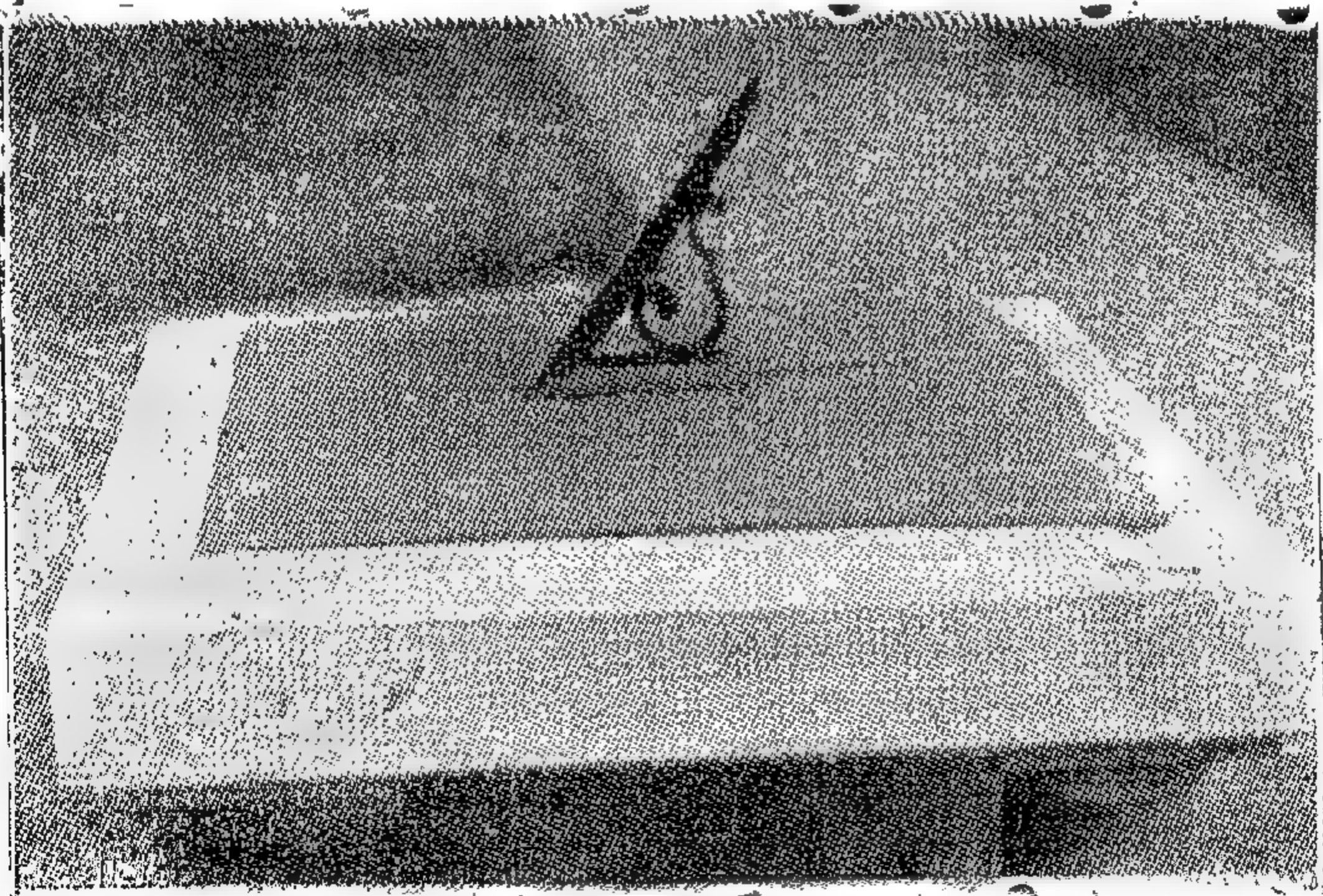
والواقع أنها هي أيضا كانت تتوقع ذلك من ابنها ، لأنها كانت إذا بعثت به إلى الحقل يرعى الماشية من نعاج وأبقار جلس تحت شجرة وانهمك في قراءة كتاب أو في صنع نموذج ارتآه ، ناسياً كل النسيان ماشيته وانتشارها بين حقول الحنطة تعيث بها أيما عبث . ولاحظت أمه عليه أنه لا يقرأ حباً في تضيئة الوقت ، بل تطلعا لإرواء غلته وسد نهمة من العلوم . فاستشارت في ذلك أخاها ، وكان مسجلاً في الإبراشية المجاورة ، فأشار



(٤٦)

(شكل ٤٦) ساعة شمسية رأسية كانت ترى نماذج لها بأعلى السكنايس في القرون الوسطى وعقربها يوازي محور الأرض

عليها بوجوب عودة الفلام إلى جراتشام يتعلم في مدرستها لكي يعد للالتحاق بالجامعة . فعاد إلى المدرسة في جراتشام ، ولكن هل قصر نفسه على الدرس النظري فقط ؟ لقد لاحظ الفتي الظلال التي يحدثها ضوء الشمس على واجهة منزل الصيدلي الذي يقيم هو فيه ، وبدأ يصنع ساعة شمسية ، وقد صنعها فعلا . وكان المزارعون إذا أرادوا معرفة الوقت التمسوه عند « مزولة اسحق » . والحق إن الساعات الشمسية ظهرت في القديم ، ولكنها كانت تعد للاستعمال المحلي فقط ، ولم يكن نيوتن يعرف كيف يعدها لتلائم خطوط العرض في أى مكان ، ولذا اعتمد فقط على مجرد ملاحظته هو . وأقام ساعتين شمسيتين متماثلتين في ضيعته ، ولا يزال محفوظا الآن في لندن أحد حجارة الجدار الذي فوقه وضعت الساعتان ، وذلك إشادة بذكرى نيوتن .



(شكل ٤٧) ساعة شمسية أفقية

حياته الجامعية

ولما بلغ الثامنة عشر التحق بكلية ترنتي بكمبردج . ولم تكن جامعة كمبردج إذ ذاك تعنى بالعلوم الرياضية ، ولم تظهر عنايتها بها إلا في بداية القرن السابع عشر . وكان يوم فراقه لمدرسته في جراتشام يوما مشهودا . فقد ودعه ناظر المدرسة ودموعه تنهمر ، وخطب التلاميذ متقدميها بنيوتن وسجاياه داعيا إلى التشبه به .

ولا يعرف شيء كثير عن سني إقامته الأولى في كمبردج ، ولكن الرواة يروون حادثتين تدلان على ذكائه واتقاد قريحته . وتتلخص الأولى في أن خاله القس كان أعطاه كتابا في المنطق أيام كان في جراتشام فقرأه نيوتن ووعاه كل الوعي ، واستعاض بذلك عن محاضرات المنطق في الجامعة . ولما اختبره أستاذ المنطق وجد أنه يعرف قواعد هذا العلم وأصوله أكثر مما يعرفه هو . وأما الثانية فتتلخص في أن نيوتن قرأ كتاب العالم كبلر في البصريات والفلك ووقف على جميع دقائقه . وتلك كانت حلقة الاتصال المباشرة بين نيوتن وكبلر الذي كان قد قضى نحبه قبل ولادة نيوتن باثني عشر عاما . فلما دعي لحضور سلسلة محاضرات في البصريات والفلك وجد الأستاذ المحاضر أن نيوتن على علم تام سابق بما في محاضراته من الحقائق العلمية جميعها .



(شكل ٤٨) ساعة رملية

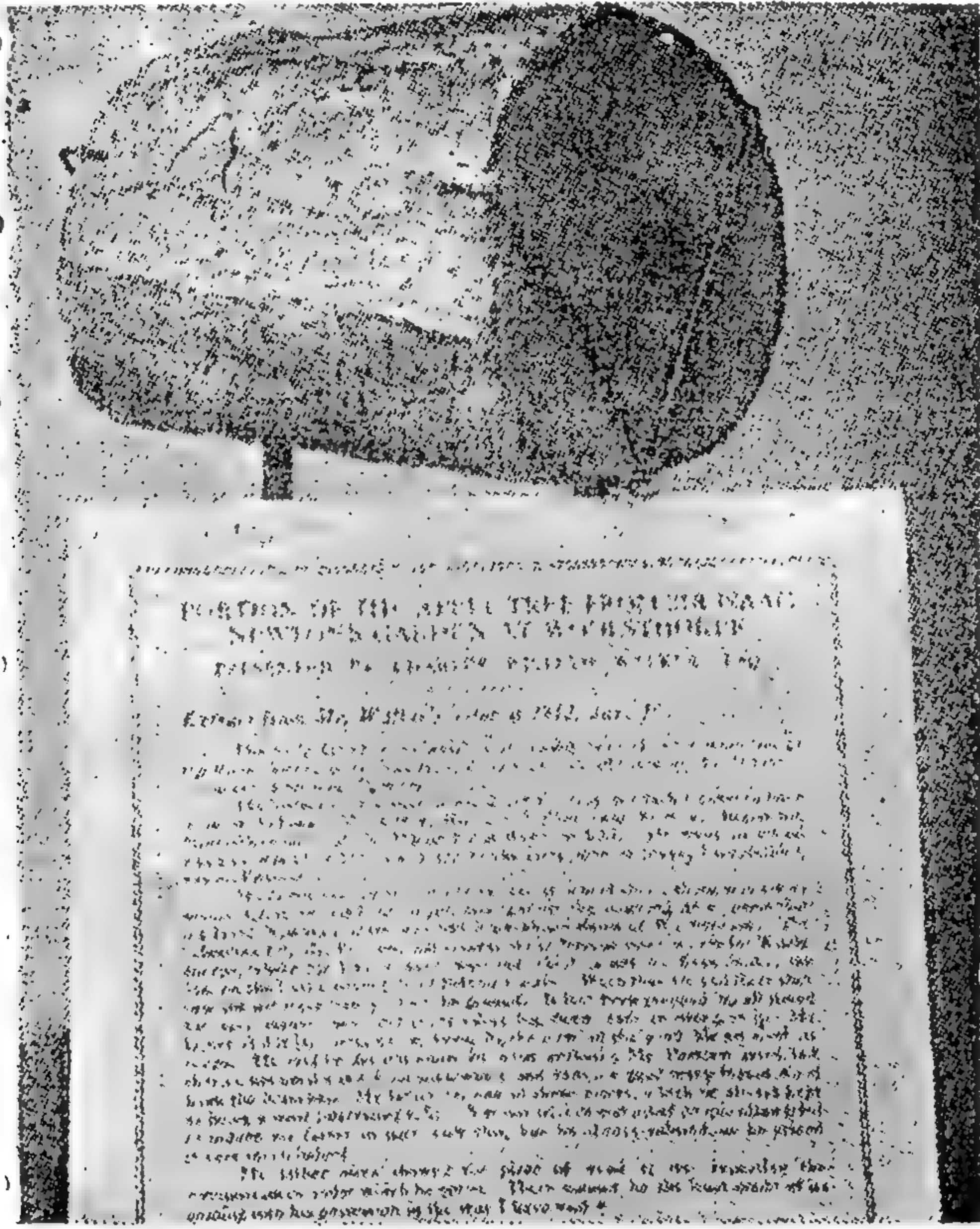
وحدث بعد مضي ثلاث سنين على نيوتن في كمبردج أن ابتاع كتابا في التنجيم عثر فيه على شكل هندسي لم يستطع فهمه . فاضطر أن يشتري كتابا في علم الهندسة رمى به جانبا بعد أن عثر فيه على طلبته قائلا إنه بسيط قليل الأهمية . ولكنه ندم فيما بعد على إهماله علم الهندسة لما وجد أن هناك مسائل عويصة تحتاج إلى كثير من الشرح .

ويروى عنه أنه قال : « لقد ندمت على إقبالي على مؤلفات ديكارت في علم الهندسة ومؤلفات غيره في علم الجبر قبل قراءتي في كتاب إقليدس في الهندسة بالعناية التي يستحقها كتاب في تفاسيته » . ولكنه سرعان ما ألم بما في كتاب إقليدس وخرج في النهاية منتصراً .

وفي الثانية والعشرين من عمره حصل من الجامعة على درجة بكالوريوس ، ولكن دون أن يكون متقدماً في الترتيب . وحدث في هذه السنة (١٦٦٤) أن أغلقت الكلية بسبب ظهور الطاعون الذي أودى بحياة ستين ألفاً من سكان لندن وحدها . فعاد إلى بلده ومكث فيها حتى زال هذا الوباء من البلاد . وفي خلال زمن عكوفه هذا رأى تفاحته التاريخية تسقط من شجرتها . وحكاية التفاحة هذه تضاربت بصددتها الآراء ، فبعضهم يكذبها اعتماداً على أن نيوتن نفسه لم يذكرها للعلماء الذين أدلى إليهم بأرائه الأولى عن الجاذبية . ولكن إحدى قريباته تؤكد صدق الحكاية ، وكانت لازمة في منزله طيلة العشرين سنة الأخيرة من عمره . وقد أرسلت إلى فولتير تخبره بصحة هذه الحكاية . وقد رأى سير دافيد بروستر شجرة التفاح هذه سنة ١٨١٤ ، وأخذ جزءاً من جذعها ، أما الشجرة فظلت موجودة حتى سنة ١٨٢٠ حيث هرمت كثيراً فبليت وقطعت .

التفاحة والجاذبية وفانونه الترييع العكسي

والذي حدث أن نيوتن كان جالساً يوماً ما تحت شجرة التفاح تلك يفكر في قوى الطبيعة ، فلنقت نظرنا تفاحة تسقط على الأرض . « فالتفاحة تسقط لأن الأرض تجذبها إليها ، وجذب الأرض للأجسام ظاهرة معروفة ، عرفها الإنسان قبل عهد نيوتن بألاف السنين ، ولكن ليست العبارة في مجرد انجذاب التفاحة إلى الأرض ، وإنما في أن الأرض تجذب التفاحة وهي في أعلى الشجرة ، وتجذبها ولو كانت في رأس برج أو على قمة جبل شاهق . ولكن هل يمتد جذب الأرض للجسم إلى أبعد من ذلك ؟ هل تصل قوة جذب الأرض إلى الأجسام المنفصلة عنها التي قد تكون بقربها ؟ هل تجذب الأرض القمر مثلاً ؟ وإذا كان ذلك كذلك ، فلم لا تكون قوة جذب الأرض للقمر هي القوة المركزية اللازمة



(شكل ٤٩) قطعة من شجرة التفاح الشهيرة التي جالس نيوتن تحتها

لجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض ؟ .

في مثل هذا فكر نيوتن ، إذ رأى التفاحة تسقط ، ولكنه أراد أن يختبر مبالغ ظنه هذا من الحقيقة ، فأجرى عملية حسابية بسيطة عن حركة القمر نحو مركز الأرض . ودله الحساب على أن هذه الحركة تشبه حركة الجسم الساقط من عل على سطح الأرض ، وأن القوة المؤثرة في القمر والتي تجعله يتحرك حركته المستديرة حول الأرض هي من نوع قوة جذب الأرض للأجسام الموجودة على سطحها ، إذا اعتبرت القوة متناسبة وعكس مربع البعد . وبما أن حركة الكواكب حول الشمس تتطلب أن تكون هذه الكواكب منجذبة نحو الشمس بقوة تتناسب وعكس مربع البعد أدرك نيوتن أن قانونه هذا ، وهو المسمى قانون التربيع العكسي ، قانون عام في الجاذبية .

وهنا يلزمنا أن نذكر أن الكشف عن هذا القانون لم يتم في الحقيقة بهذه الكيفية ولا بمثل هذه السهولة . فنيوتن لما أجرى أول مرة العملية الحسابية الخاصة بحركة القمر لم يجد نتيجتها تدل دلالة واضحة على صحة هذا القانون ، ولذلك أحجم عن نشر آرائه هذه مدة من الزمن ، وأعرض فعلا عن موضوع الجاذبية .

عودته الى الجامعة

وعاد إلى الجامعة في كمبردج ل يتم دراسته ، ولم يشأ أن يواصل بحوثه إلا بعد حصوله على درجة العالمية . وقد حصل عليها فعلا ، وكان ترتيبه في كشف النجاح الثالث والعشرين . وهنا يحق لنا أن نتساءل في دهشة لماذا لم يكن ترتيبه الأول مع ما وهبه الله من عبقرية ؟ وغاية ما يمكن قوله في هذا الصدد إن نيوتن لم يكن يركز جهوده ويقصرها على مواد الامتحان ، بل كان يشغل نفسه بما هو أهم لديه من ذلك مما كان يراه أنفع له ولبحوثه الخاصة . وأعجب الدكتور بارو ، أستاذ الرياضة إذ ذاك ، أيما إعجاب بمقدرة نيوتن ونموه في العلوم الرياضية ، فرشحه لكرسي الأستاذية الذي يشغله هو ، وذلك لاعتزامه الاقتصار على اللاهوت . وبذلك أصبح نيوتن أستاذاً للرياضة وهو في السادسة والعشرين من عمره . وكان على أستاذ الرياضة في تلك الأيام أن يحاضر مرة كل أسبوع في الفلك أو الجغرافيا أو البصريات ، فاختار نيوتن البصريات موضوعاً لسلسلة محاضراته الأولى . وتضمنت هذه المحاضرات كثيراً من البحوث التي لم يسبقه إليها أحد ، ولكنه لم ينشرها إلا بعد أن اختير عضواً في الجمعية الملكية بلندن بعد ذلك ببضع سنين .

زهوله ونسيانه

وانصرف نيوتن انصرافاً تاماً لبحوثه ومؤلفاته لا يلهيه عنها شيء ، وشوهد فيه خلال ذلك شيء من الزهول وكثرة النسيان . فقد كان يلزم منزله أياماً متوالياً لا يطالب طعاماً ولا شراباً وإنما يأخذ ما يقدم له كما أنه لا يعي ما يفعل . ويروى الدكتور ستيوكل ، وكان ألصق الناس به ، حوادث تدل على شدة انصراف نيوتن لبحوثه . فمنها أنه جالس مرة يتحدث عما شاهدته في الأوبرا ، فقال له نيوتن إنه لم يذهب إليها إلا مرة واحدة في

حياته ، وإنه سر كل السرور بالفصل الأول من الرواية التي كانت تمثل ، وإنه قد غيل صبره في الفصل الثاني ، أما في الفصل الثالث فقد خرج من الأوبرا لا يلوى على شيء . و يروى عن ذهوله وكثرة نسيانه حوادث شتى . منها أن صحبا له زاروه يوما ، فدخل حجرة مكتبه ليمحّث لهم فيها عن شراب كان قد تركه فيها ، فنسى صحبه ومضى في بحوثه . ومنها أنه ركب جواده يوما عائداً إلى منزله فلما أراد أن يترجل لم يجد الجواد بل وجد نفسه ممسكا بالعنان فقط . ويقول ستيوكلى بشأن نسيانه ملابسه « إنه كان يخرج من منزله ويسير في الشارع إلى نهايته قبل أن يدرك أنه لم يرتد ملابس الخروج ، فيعود أدراجه إلى منزله وقد تولاه خجل شديد » .

وفي ذات يوم ذهب ستيوكلى لزيارة نيوتن وكان منهما كدأبه في حل مسألة . فانتظر ظنا منه أنه لا يغيب طويلا خصوصا وأن طعام الغداء قد أعد فعلا والمائدة في الانتظار . ولكن زمنا طويلا مضى واستنفد صبر ستيوكلى . وكان الجوع قد بلغ منه مبلغه . فجلس إلى المائدة وأكل الدجاجة التي كانت معدة لنيوتن . وبعد فترة جاء نيوتن وحيا صاحبه وجلس للطعام . فلما لم يجد إلا العظام ظن أنه نسي أنه تناول طعامه ، فنهض ثانية واستدعى صديقه إلى مكتبه .

وهذا في الواقع نوع غريب من الذهول ، ولعله ذهول العبقرية !

البرنسبيا

وألف نيوتن كتابه « القواعد الرياضية للفلسفة الطبيعية » وهو المعروف باسم « البرنسبيا » وهو المؤلف الذي ضمنه قانون الجاذبية وتطبيقه واستخراج النتائج التي ينفضى إليها . وضمنه أيضا بيان ما يحدث من التغير في شكل الكرة عند دورانها حول محورها ، وما يحدث في تأثير الجاذبية من التغير من جراء انبعاج الأرض ومن جراء دورانها حول محورها . وبين فيه كيف تقدر مدة دوران الكوكب حول محوره إذا عُرف شكله الظاهري أى مقدار انبعاجه . وبين كيف أن جذب كل من الشمس والقمر للجزء المنبمعج من الأرض يترتب عليه تغير اتجاه محور دورانها ، وعلى بذلك ظاهرة مبادرة الاعتدالين ،

وبين أيضاً كيف ينشأ عن جذب القمر والشمس لمياه البحار ظواهر المد والجزر .

« وحدث أن ثلاثة من أعضاء الجمعية الملكية بلندن وهم رن وهوك وهالى أخذوا يبحثون فى موضوع قانون التربيع العكسى ، وحاولوا جميعاً أن يوجدوا مسير جسيم يتحرك عند ما يكون منجذباً إلى نقطة بقوة تتناسب وعكس مربع البعد بينهما ، ولكنهم لم يوفقوا إلى حل ما . فقصد أصغرهم سنّا ، وهو هالى ، إلى نيوتن فى كمبردج ليشرکه فى البحث معهم ، فأخذته الدهشة كل مأخذ إذ وجده قد سبقهم إلى حلها . ولما أرسل نيوتن مسوداته إلى هالى وحملها هذا إلى أعضاء الجمعية الملكية طلبوا من نيوتن أن يأذن بنشرها ، فسمح لهم بذلك ، وكلّفوا هالى مباشرة طبعها . ولم يكد يتم طبع الجزء الأول حتى قام هوك ينسب إلى نفسه الفضل فى الكشف عن هذا القانون . فحدث بينه وبين نيوتن جفاء كان سيؤدى إلى وقف طبع الكتاب لو لم يمض هالى فى السعى والإلحاح .

ولا نبالغ إذا قلنا إن كتاب نيوتن هذا أحدث رجّة فى أوروبا كلها لا فى إنجلترا وحدها ، فقد كان كتاباً فذاً فى الرياضيات والفلسفة الطبيعية . ولم يكن أغرب ما فيه أن الشمس تجذب إليها الكواكب السيارة ، بل إن كل كوكب سيار يجذب الشمس أيضاً بقوة تعدل جذبها إياه . وإن الكون كله غاص بأجرام تدأب على السقوط باستمرار فى رحاب الفضاء ، أى أنه مملوء بأجسام ساقطة . وإن كل الأشياء التى فى الكون تتجاذب ، يتساوى فى ذلك النجم الكبير بالهباء المتناهية فى الصغر .

ولعل أخطر ما فى أعمال نيوتن العلمية الجليلة كشفه عن قانون الجاذبية ، ثم تعميمه حتى شمل السموات والأرض وجميع الجسوم من الهباء الصغيرة إلى النجم الكبير . ومضى العلماء يحققون هذا القانون فتبين لهم أنه يعلل حركات الكواكب حول الشمس ، وزادوا على ذلك أنهم أجروا تجارب عملية تدل على صحته رأساً . وأصبح قانون الجاذبية هذا من بعد نيوتن أساساً لعلم الفلك الحديث ، وكان سبباً فى كشف فلكية عدة ، تنبأ بها البحث النظرى أولاً ثم أظهرتها المناظير الحديثة .

مبتكراته في الرياضيات

ولقد مر بنا أن نيوتن نبغ في العلوم الرياضية نبوغاً لفت إليه الأنظار ، فقد وضع في علم الجبر النظرية الشهيرة باسمه وهي النظرية ذات الجدين المعروفة ، ثم فكر في مسائل أخرى أدت به في النهاية إلى وضع فرع جديد من علم الرياضة يعرف الآن بحساب التفاضل والتكامل . وقد أدى ظهور هذا الفرع الجديد من علم الرياضة إلى تقدم كبير محسوس في الكشف الطبيعية والفلكية الحديثة . وادعى الفيلسوف الرياضي الألماني ليبنز أنه صاحب الفضل في وضع أساس حساب التفاضل والتكامل هذا . وقام ذلك النزاع الجديد بين نيوتن وليبنز ، ولم تكن وطأة الشقاق الذي حدث بين نيوتن وبين هوك بخصوص الكشف عن قانون التربيع العكسي قد خفت ، وكان هذا النزاع الحديث أشد حدة من سابقه . ويكفي أن نقول إن الأوان كان قد آن لظهور هذا الكشف الجديد ، وإن نيوتن والفيلسوف الألماني قد وهبا من الذكاء والعبقرية ما يسمح لكل منهما أن يدعى لنفسه أنه واضع أساس هذا العلم . ولكن الواقع أن نيوتن كان أسبق من زميله ، غير أن تهاونه في الإسراع بنشر ما كان يعثر عليه هو الذي جر عليه هذه المتاعب . على أننا من جهة أخرى لا ننكر على ليبنز فضله في تدوين مصنفات العالم بسكال الرياضية ، وإلا لكان نصيبها الضياع .

ومما هو جدير بالذكر أن كتاب البرنسيبيا كتب باللاتينية ، ولكي يكون أقرب إلى الفهم وضعه نيوتن على نمط كتب الإغريق في علم الهندسة . وكان نيوتن يتبع في براهينه الرياضية التي ضمنها كتابه هذا طريقة التفاضل والتكامل الجديدة التي وضع أساسها هو نفسه ، إلا في البراهين الخاصة بكشوفه في الجاذبية فإنه لم يشأ أن يضجر قراءه بطريقته الجديدة التي ما كان يفهمها إلا المتعمقون في العلوم الرياضية .

نيابته ثم توظيفه

واضطر نيوتن بعد نشره كتاب البرنسيبيا إلى الظهور بعد الاعتكاف ولكنه « كان على وجه عام أحسن حظاً من كثير من علماء « الطبيعة » في عصره أو في الجيل الذي

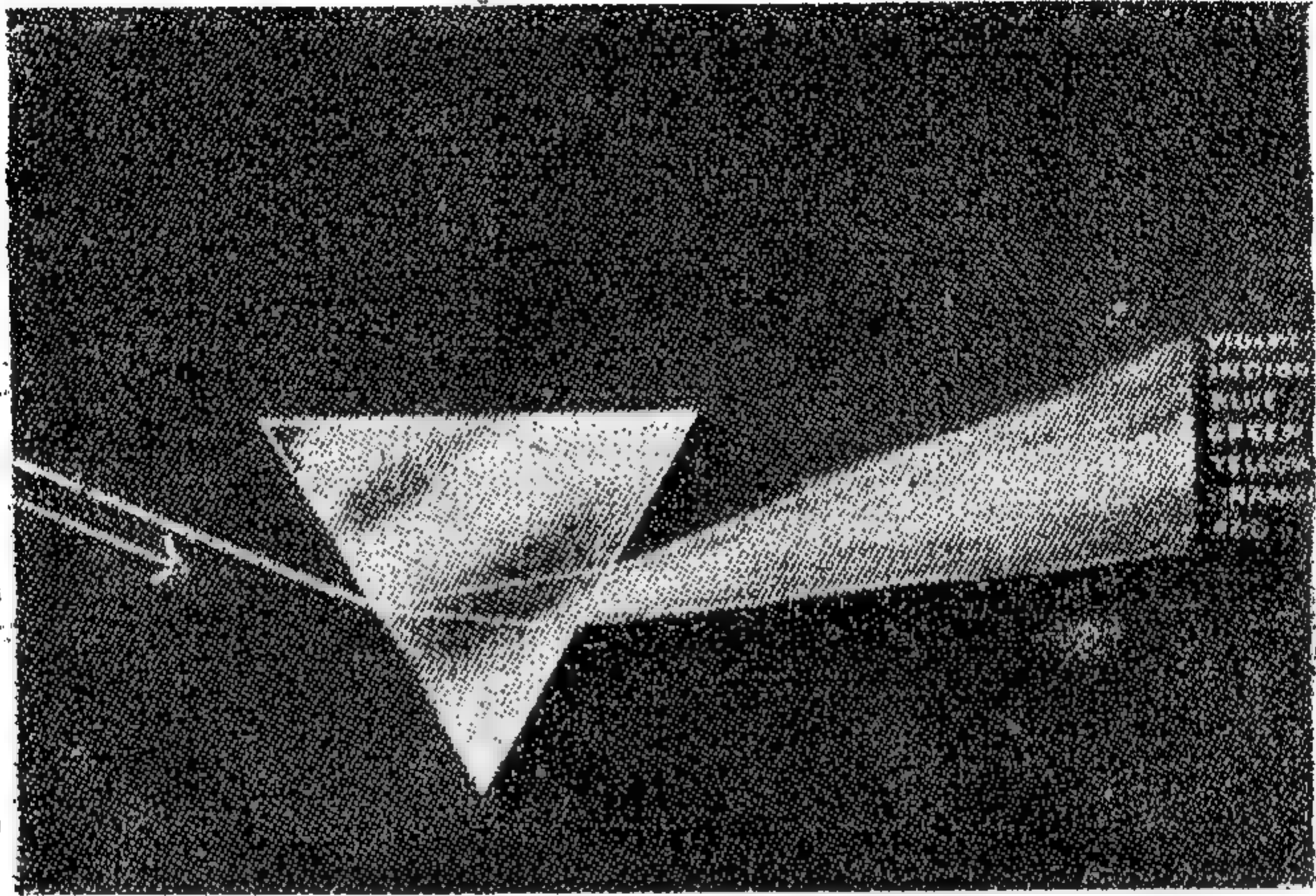
سبقة في أوروبا . فلم يلق مثل ما لاقى غاليليو مثلاً من الاضطهاد بل وجد من أهل وطنه كل الإكرام ، فانتخبوه إكراماً له عضواً في البرلمان ، وقيل إن دار النيابة لم تسعد بسماع صوته وهو يخطب أو يناقش في موضوع ما . ولما أصابه إبان هذا العهد شيء من عسر ذات اليد انتهى له بعض ذوى النقود حتى عينه ولیم الثالث ملك إنجلترا عند تبوئه عرش المملكة رئيساً لدار سك النقود بمرتبة قدره ١٢٠٠ جنيه ، وبهذه الكيفية انخرط في سلك الموظفين ، وأخذ يقوم بتأدية الأعمال المملة التي تقتضيها حياة الموظف ، ولكنه كثيراً ما كان يشتغل في أوقات فراغه بحل المسألة العويصة التي كان يعجز رياضيو العالم عن حلها . وانتخب نيوتن رئيساً للجمعية الملكية ، ولبث في الرئاسة أربعاً وعشرين سنة ، ولا تزال صورته معلقة فوق كرسي الرئاسة إلى وقتنا الحاضر . ويحله أهل وطنه إجلالاً كبيراً ، ومنهم من يعبده ذاك أكبر عقل ظهر في الوجود ، ولا يزالون محتفظين ببعض مخلفاته .

ولا يزال مقامه العلمي هذا موضع إجلال العلماء واكبارهم إلى يومنا . وقد رأى علماء الرياضة في العالم سنة ١٩٢٧ أن يحجوا إلى قرية جرانثام ليؤدوا واجب الاحترام للعبقري والعبقري . وهذا وحده دليل على أن شهرته العظيمة العالمية هذه شهرة هو أهل لها وجدير بها . ويروى عن فولتير أنه كان يزهي بقضائه بعض الزمن « في بلاد دفن فيها أحد أساتذة الرياضة منجلاً معزراً كما يدفن ملك عظيم عم خيره رعاياه أجمعين ، لا شيء إلا لأنه كان عظيماً في علمه وعمله » .

بحوث في الضوء

على أن كشف نيوتن في البصريات لا تقل أثراً عن كشفه الأخرى في الفلك والرياضة . فهو الذي كشف أن الضوء الأبيض ليس بسيطاً ، بل مركباً من جملة ألوان مختلفة ، وأن هذه الألوان تختلف قابليتها للانكسار بالنسبة لوسط واحد كالزجاج مثلاً ، فتتفصل حينئذ عند ما تمر في ذلك الوسط لأنه يكسرها بمقادير مختلفة ، ويظهر الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي فالبنفسجي ، وأن أكثر هذه الألوان قابلية للانكسار هو اللون البنفسجي وأقواها هو اللون الأحمر . وتلك الألوان هي ألوان الطيف

الضوئي، وتري في قوس قزح . وقد حقق نيوتن هذا أيضاً بضم ألوان الطيف إلى بعضها وتكوين الضوء الأبيض عن طريق استقبال الطيف المتكون بواسطة المنشور الزجاجي على منشور آخر مماثل له ومساو له في الزاوية ، وموضوع بالقرب منه في وضع مضاد للوضع الأول . وحقق ذلك أيضاً عن طريق القرص المعروف باسمه ، وهو قرص من الورق المقوي



(شكل ٥٠) شعاع الضوء الأبيض ينحل بعد مروره من المنشور الزجاجي إلى ألوانه السبعة : الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي فالبنفسجي مأخوذة من أسفل إلى أعلى .

منقسم إلى أربعة قطاعات متساوية . وكل من هذه القطاعات ينقسم إلى سبعة أخرى ملونة على الترتيب بألوان الطيف . فإذا أدير هذا القرص بجهاز ميكانيكي خاص فإنه يظهر للرائي أنه ملون بجميعه باللون الأبيض الرمادي ، وذلك لأن التأثير الذي يحدثه في العين أحد الألوان التي على القرص وهو في وضع معلوم يبقى مدة من الزمن بعد انتقاله من ذلك الوضع . فإثناء إدارة القرص بسرعة تتأثر العين في آن واحد بجميع ألوان الطيف ، وينشأ من ذلك أن تري العين لوناً مائلاً للبياض .

النظرية الموجية

أما عن كنه الضوء فالنظرية الموجية كانت السائدة إذ ذاك ، وكانت هوك العالم الطبيعي الإنجليزي من أسبق القائلين بها ، وإن تكن لم تتقدم على يديه تقدماً يذكر .

« وأول خطوة جديّة خطاها العلم الطبيعيّ في سبيل هذه النظرية جاءت حوالي سنة ١٦٧٨ عند ما قدم هييجنز إلى الأكاديمية الفرنسية رسالة في هذه النظرية تتضمن القاعدة المعروفة باسمه ، وقد نشر هييجنز هذه القاعدة وتطبيقها على الضوء في كتاب له في هذا العلم نشر سنة ١٦٩٠ » .

وقد اعتبر هييجنز الشعاع الضوئيّ خطاً عمودياً على صدر الموجة الضوئية يدل على اتجاه انتقالها . وشرح بذلك ظاهرتي الانعكاس والانكسار ، وخطت النظرية الموجية بفضل خطوات واسعة . ولكنها على الرغم من ذلك صادفت عقبات أهمها أنها « تتطلب وجود وسط تحدث وتنتشر فيه الموجات . وتطلب أن يكون هذا الوسط عاملاً يشمل أرجاء الكون . وظن في ذلك العهد أن وجوده لا بد أن يفضي إلى حدوث قوة تقاوم حركة الكواكب والأجرام الأخرى المتحركة ، ولكن لم يكن ثمة دليل على وجود مثل هذه القوة المقاومة » .

نظرية الدقائق

أما النظرية التي تمسك بها نيوتن وعارض بها النظرية الموجية فتعرف « بنظرية الدقائق » وهي تعتبر الضوء دقائق متناهية في الصغر تصدر عن الجسم المضيء ، وتتحرك في الأوساط المتجانسة بسرعة كبيرة في اتجاه مستقيم . وطبقها نيوتن على جميع الظواهر الضوئية من انعكاس وانكسار وغير ذلك . وقد لاقت هذه النظرية صعوبات ليست هينة ولكن أصبح لها بفضل مكانة نيوتن العلمية وقوة حجته المقام الأول في القرن الثامن عشر وبضع السنوات الأولى من القرن التاسع عشر ، ولم تجد النظرية الموجية إبان ذلك غير نصير واحد هو أويلر العالم الرياضي السويسري الشهير ، « فقد تمسك بها في رسائل كتبها لإحدى أميرات ألمانيا ، شرح فيها المبادئ الأساسية في الميكانيكيات والبصريات والسمعيات وعلم الفلك ، ولكن لم يعبأ أحد برأيه . ونقلت هذه الرسائل إلى الألمانية في أواخر القرن الثامن عشر . فرأى الناقل الألماني ضرورة تحذير قرائه من النظرية الموجية التي يقول بها أويلر ، ولفت نظرهم إلى أنها منبوذة لدى مشهورى علماء الطبيعة (الفيزياء) في ذلك العصر » .

الكفاح بين النظريتين

وبدأ بين النظريتين منذ ذلك العهد صراع عنيف كان يزداد حدة كلما عثروا على كشف جديد في الضوء . ولكن الغلبة كانت فيما بعد للنظرية الموجية ، وبقى على الرغم من ذلك نفر قليل من العلماء على معارضتها ، نذكر منهم لورد براوم فقد قال : « إن هذه النظرية ليست معقولة وليست منطقية ، وهي بدعة تعوق تقدم العلم » ومنهم بروسترن الذي قال : « إنه يحل الخالق عن أن يلجأ من أجل إحداث الضوء إلى ملء العالم كله بالآثير » وهو الوسط المفترض لسريان الموجات فيه . ولكن ما جاء منتصف القرن التاسع عشر إلا وبطلت نظرية الدقائق وخلا الجو بعد ذلك للنظرية الموجية وحدها .

جاء في كتاب « كبار علماء الرياضيات » لمؤلفه ترنبول ما يأتي :

« من العدل أن تقرر بنيوتن زميله الفيلسوف الطبيعي الهولندي هينجنز الذي كان على صلة تامة بعلماء إنجلترا العلميين ، والذي كان له فضل الوصول بهم إلى كشفهم العجيبة ، فقد كان عمله في علم الفيزيكا كبيراً جداً بحيث غطى على عمله في الرياضيات . وهو قد وصل إلى نتائج كبيرة قيمة في علم التفاضل والتكامل ، وعلى الأخص فيما له علاقة بالظواهر الميكانيكية وذبذبات البندول ، وشكل الخيط المعلق ، وما إلى ذلك . ولكن شهرته الحقيقية جاءت عن طريق نظريته الموجية في الضوء . فهذه النظرية قد جاءت حداً في التاريخ ، واكتسبت أهمية لأنها دفعت بجاذبية نيوتن إلى هجوع هادي عميق . فالضوء في نظر نيوتن جسيمات صغيرة كثيرة تسبح في خطوط مضيئة ، أما في نظر هينجنز فإنه ينتشر على شكل موجات . وقد ظهر فيما بعد أن الثانية من هاتين النظريتين المتنازعتين هي الأقوم ، فهي لم تحل فقط كثيراً من المشكلات البصرية ، بل استجابت أيضاً لكثير من الآراء في النظرية الكهربائية أي الكهرباء المغناطيسية . ولقد تداعت الظواهر الطبيعية واحدة فأخرى داخل إطار هذه النظرية الموجية ، وبقيت الجاذبية وحدها لا تستطيع النظرية أن تمسها فكانت بذلك الظاهرة الطبيعية الوحيدة المستثناة . ولكن هذا المسلك غير الموجي قد حير نيوتن نفسه حيرة ممضة . على أنه كان

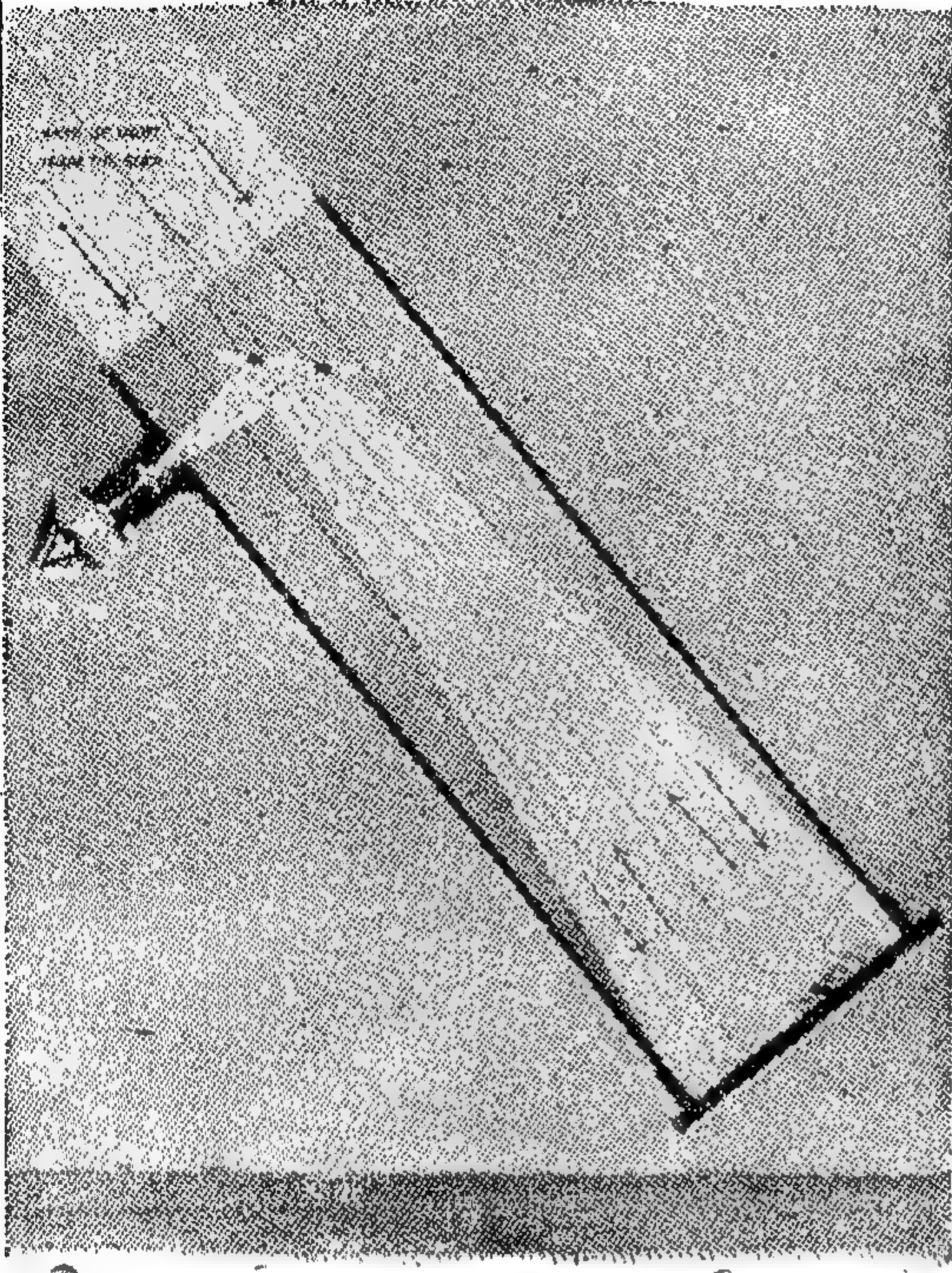
كلما ازداد لغز الجاذبية استعصاء زاد تطلع العلميين إلى حله وشرحه . وأخيراً وضع أينشتاين الأمور في نصابها حيث حل المسألة بشجاعة ، وذلك بطوره الجاذبية في منسوج من الفضاء والزمن .

« على أنك تخطئ إذا ظننت أن ذلك قد أفسح المجال للنظرية الموجية . فهناك عقبات تجمعت في هدوء وفي غير تطفل ، وظهرت من جديد أدلة وحبجج تؤيد نظرية الدقائق الضوئية التي يقول بها نيوتن . ولم يصل العلماء بعد إلى قرار يحسم الأمر بين الاثنين . والظاهر أن القول الفصل بخصوص نظريتي نيوتن وهيجنز سيكون لنظرية الكم والميكانيكا الموجية » .

وهاتان النظريتان هما أحدث ما وصل إليه العلماء في وقتنا الحاضر من البحوث الرياضية الفيزيائية . وقد شرحنا هذا كله في كتابنا « الفيزيكا الحديثة » فليرجع إليه من أراد . ولا يسعنا أن نهمل الكشف الجديدة في العلم الروحي الحديث ، فقد أثبتت بشكل عملي وجود الأثير والعالم الأثيري وسكانه ، وذهبت إلى أن الأثير هو الأصل في الكون كله . يقول العلامة ج . آرثر فندلاي رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن في كتابه « على حافة العالم الأثيري » ، الذي كان لنا شرف نقله إلى العربية ما يأتي :

« ما المادة إلا أثير في حالة خاصة . والأثير كله مادة فعلا ، والمادة كلها أثير فعلا . أما المادة الفيزيائية التي تدركها حواسنا فهي ذلك الجزء من الأثير الذي يهتز في دائرة معينة . وفي هذا الكتاب قد فرقت بين المادتين : المادة الفيزيائية من جهة ، وهي المادة التي نحس بها ، والمادة الأثيرية من جهة أخرى ، وهي المادة التي لا تدركها حواسنا . ولكننا على الرغم من أن حواسنا لا تدركها ليست بعيدة عن متناول أفهامنا لدرجة ما على الأقل . والواقع أن فهمنا إياها قد تزايد كثيراً في السنين الأخيرة حتى لقد أصبح العلم الفيزيقي اليوم يتجه بكلياته إلى القول بأن الأساس البنائي للكون هو المادة الأثيرية ، لا تلك المادة الفيزيائية » .

المنظار العاكس

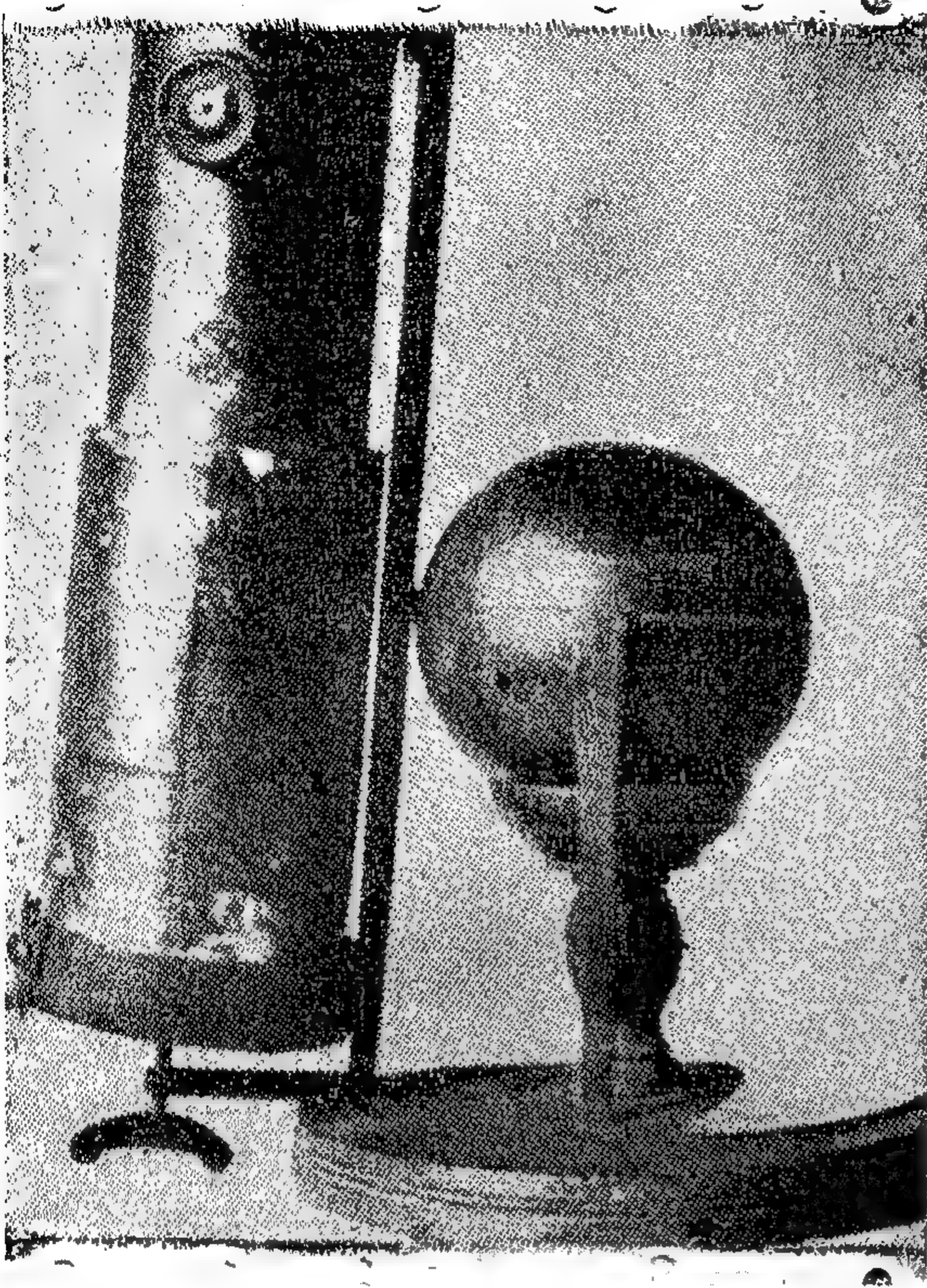


ولم تقف بحوث نيوتن وكشوفه في الضوء عند وضعه نظرية الدقائق ولا عند تحليل الضوء ، ولكنه اخترع المنظار العاكس ، وفي هذا المنظار يستثبت الضوء الصادر من النجم البعيد بوساطة مرآة معدنية مقعرة ، ثم ترى صورة النجم من خلال العدسة العينية . وتصنع المرايا اللازمة للمناظير العاكسة من فلز خاص ، وتستلزم مجهوداً شاقاً في إعدادها وقد كان لهذا المنظار العاكس فضل كبير في تقدم علم الفلك الحديث . واستخدمه الفلكي الشهير وليم هرشل في أواسط القرن التاسع عشر ، فكشف به كثيراً من حقائق علم الفلك الحديث .

(شكل ٥١) أساس المنظار العاكس الذي اخترعه نيوتن .

مرضه ومماته

ومرض نيوتن وهو في الثانية والأربعين من عمره مرضاً شديداً ، كان مرتقباً نظراً للمجهود العقلي العظيم الذي كان يبذله دون أن يأخذ قسطه اللازم من النوم ومن الطعام . ويقال إن مرضه نشأ من حزنه على ضياع مخطوطات قيمة كان كتبها ثم التهمتها النار في الحريق الذي حدث في معمله . ويروى الرواة لذلك قصة طريفة خلاصتها أنه كان لنيوتن كلب اسمه ديامند ، يعني ماس (المظ) . ففي ذات يوم غادر حجرتة تاركاً فيها كلبه



(شكل ٥٢) منظار نيوتن

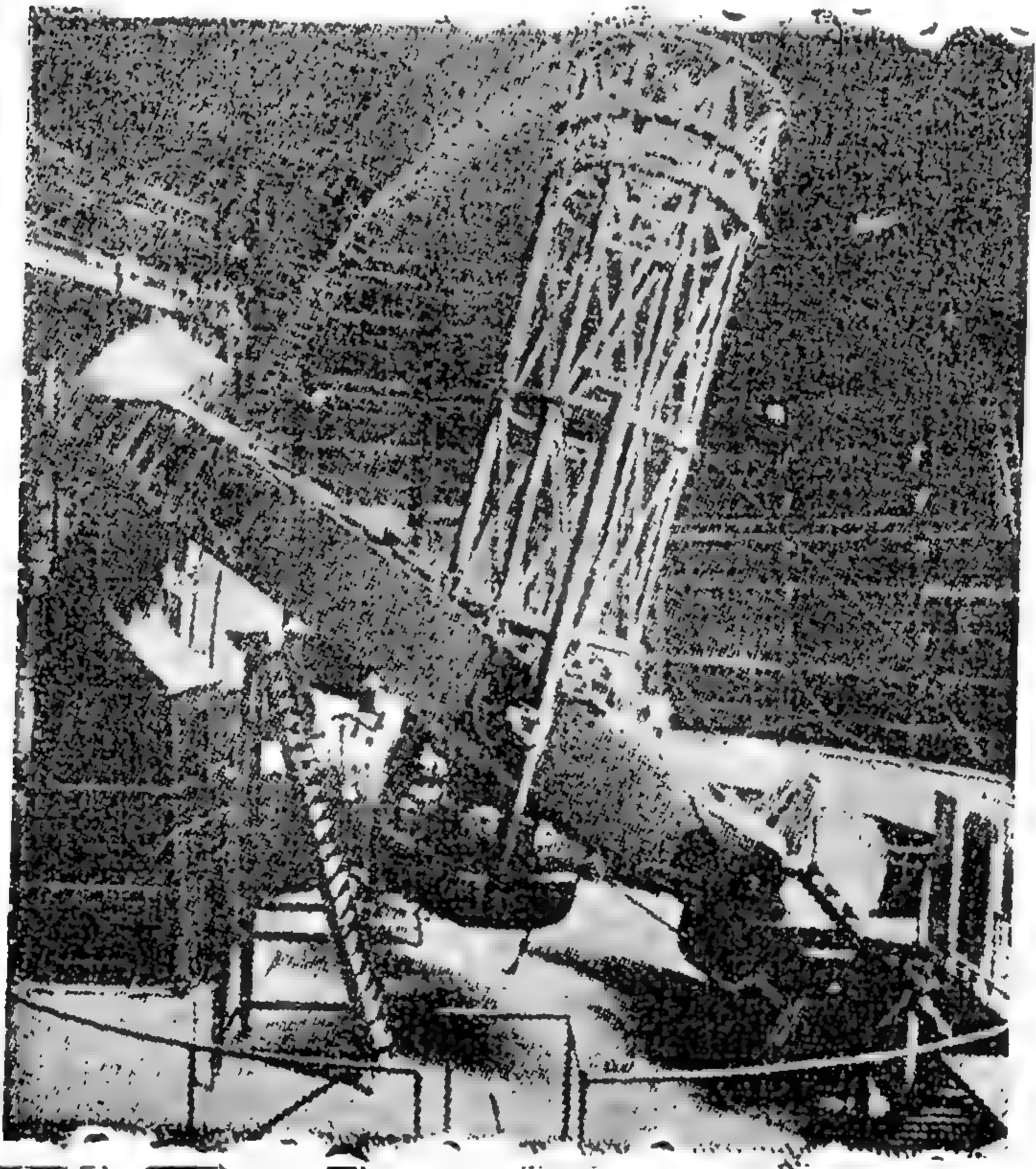
هذا دون أن يراه . فلما عاد وجد أن الكلب قلب المصباح الموضوع على مكتبه ، فأمسكت النار بأوراق كان كتب فيها خلاصة لتجارب جديدة أجراها ، فلم تتركها إلا رماداً . وعثر عليه أن تضع ثمرة جهوده على هذه الصورة ، وتملكه حزن شديد . ويقال إنه حينما عرف ما أصاب أوراقه اكتفى بأن قال : « إنك لاتعرف يا ديامند ماذا جنيت

من شر علي » . وأمضه الحزن وساءت صحته ، ويقال إن هذه الحادثة قد أثرت في أعصابه ، وأفقدته حباه زمنا ما .

وعاش نيوتن طوال عمره أعزب ، وينسب البعض ذلك إلى حالته المالية . ويروى عنه أنه وهو صغير أثناء إقامته في منزل الصيدلي في جرانثام كانت تقيم بجواره ومعه في المنزل بنات كثيرات ، فكان يمازهن ويصنع لهن كثيراً من اللعب . وظلت إحدى هؤلاء البنات صديقة لنيوتن طيلة عمره ، وكان اسمها ستوري . تزوجت مرتين ونيوتن لا يتزوج . ويروى عن هذه أنها قالت لأحد أصدقاء نيوتن إن نيوتن كان يريد أن يتزوجها لولا فقرها من جهة وضالة دخله من جهة أخرى .

ومات نيوتن بعد أن عمر خمساً وثمانين سنة ، وكانت وفاته في اليوم العشرين من

شهر مارس سنة ١٧٢٧ ، وكان قد رأس جلسة الجمعية الملكية بلندن قبل وفاته بثمانية عشر يوماً ، ثم انتابه مرض الموت في اليوم التالي لذلك . وعلى ذلك فرضه الأخير لم يستغرق ثلاثة أسابيع كاملة . ولقد قاسى في مرضه هذا كثيراً من الألم ، ولكنه احتمله دون توجع أو شكوى . ودفن في مقبرة العظماء في وستمنستر أبى ، وهناك على قبره وضعت لوحة تذكارية . وفي خلال مرضه هذا حدثه بعض صحبه عن مكانته العالية وشهرته العلمية العالمية . فقال : « لست أعرف ما يقوله الناس في » ، ولكنى فى نظر نفسى لا أعدو الصبي الصغير الذى يلعب على الشاطئ ويتلوى الفينة بعد الفينة بإيجاد حصوة أكثر نعومة من الحصى العادى أو صدفة أزهى وأجمل من الصدف المعروف ، وأمامه ذلك البحر العظيم — بحر الحقائق — الذى خفى أمره عليه » .



(شكل ٥٣) . منظر مرقد جبل ولسن بأمریکا

ولما مات نيوتن أنشأ الشاعر الإنجليزي الشهير بوب بيتا من الشعر ، وكتبه فوق لوحة من الحديد دقت في أحد جدران الحجرة التي ولد فيها نيوتن . وإليك ما قاله بوب :

« لقد أحاط بالطبيعة وقوانينها ظلام دامس ، فلما قال الله ليكن نيوتن ظهر المكنون واستبان الخفى المستور » .

وظل نيوتن محتفظا بمحنة ذهنه طيلة أيامه كلها ، ويروى أنه وهو في الخامسة والسبعين من عمره تلقى مسألة رياضية بعث بها ليبنز إلى إنجلترا يختبر علماءها ، وكانت من أعوص المسائل الرياضية التي لا يدركها إلا الراسخون في العلم . وتسلم الرسالة في الساعة الخامسة بعد الظهر ، أى بعد أن قضى نهاره في عمله في دار سك النقود . فاستطاع وهو في هذه السن المتقدمة أن يحل المسألة التي وضعها كبير علماء الألمان في الرياضيات إذ ذاك .

وعاش نيوتن زمنا تناوب فيه الحكم ستة من ملوك إنجلترا وملكاتهما . فقد ولد قبل أن تطيح رأس شارل الأول بيد الجلاد ببضع سنين ، ورأى حكم شارل الثاني ، ولم يكن حكما مجيدا ، وكذلك فترة الإصلاح أى مدة قيام كرومويل ، وكذلك حكم وايم وماري ، وقد حضر حفلة تتويجها ، ثم الاثنى عشرة سنة وهي مدة حكم الملكة آن التي رفعتة إلى طبقة الأشراف ، ومنحته لقب سير لمناسبة زيارتها كبردج ، وحضر كذلك حكم جورج الأول الذي كان نيوتن من أظهر رجال بلاطه ، أما جورج الثاني فلم يكده يمضى على تسنمه ملكه العظيم الناجح سنة واحدة حتى قضى نيوتن نحبه .

والمعروف أن الملكة كارولين زوجة جورج الثاني كانت تميل إلى العلوم ، ويقال إنها لما كانت أميرة الغال كانت تعرض على نيوتن ما تلاقيه من المسائل الصعبة « التي لم يكن يستطيع أحد غيره أن يجيب عنها الإجابة التي ترضاها هي وتقنع بها » ، ولطالما كانت تتحدث في مجالسها معلنة أنها تعد نفسها سعيدة لأنها عاشت في زمن وجد فيه مثل هذا الرجل العظيم ، ولأنها تجاذبت معه أطراف الحديث .

وهكذا فليكن الملوك والعلماء .

ونختم هذا الحديث بكلمة قالها ايفور هارت في كتابه المسمى « كبار علماء الفيزيكا » وهي

« لقد سادت آراء نيوتن ونظرياته في علم الفيزيكا عالم العلوم إلى يومنا ، وقد رفع بها نيوتن صولجانا يشبه ذلك الصولجان الذي رفعه أرسطو من قبل . أما ذلك التنازع الذي ظهر حديثاً في بحوث العلامة اينشتاين فإنه لا ينقص بأية حال من قدر نيوتن ولا من شهرته ، وسيظل نيوتن أبا الأبدن في سجل التاريخ علما من الأعلام ، وسيكون في نظر التاريخ أكبر مساهم في تقدم المدنية الحديثة » .

الفصل العاشر

مخترع الآلة البخارية

ساد الاعتقاد طويلاً بأن مخترع الآلة البخارية إنجليزي اسمه جيمس وات . والحقيقة أن الطبيب الفرنسي دنس بابن هو الذي اخترعها حينما كان في ألمانيا ، ثم وضعها في كتاب له نشره في إنجلترا خلال سني إقامته فيها . توثقت بينه وبين العالم الهولندي هيجنز عرى الصداقة ، وساعده في إجراء تجاربه على مفرغة الهواء ، وكان هيجنز مشغولاً باختراعات أخرى ، فسرّه أن يجد له مساعداً شاباً كدنس بابن يقوم له بإجراء التجارب التي لا يتسع وقته هو لإجرائها .

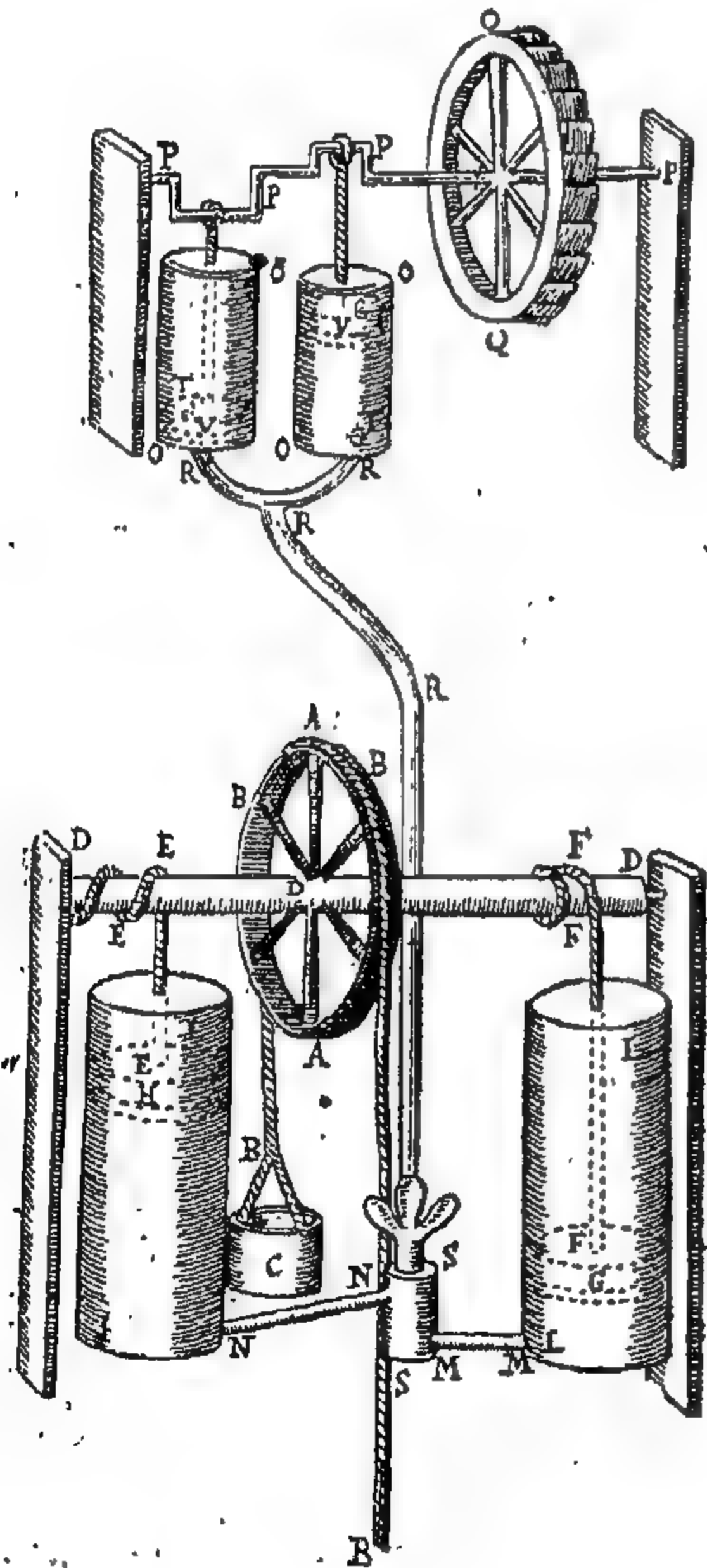
أدخل بابن جملة تحسينات على مفرغة الهواء . منها الصنبور ومنها ذلك الناقوس الزجاجي الذي يوضع فوق قرص المفرغة المسطح بعد أن تدهن حافته بالشحم حتى لا يمتصه الهواء من أسفل . وفي وسط هذا القرص فتحة منها يفرغ الهواء ويدفع إلى الخارج . ولقد سهل ذلك سبيل إجراء التجارب المختلفة على مختلف الأشياء . وكل ما في الأمر أن يرفع الناقوس ثم يرد بعد أن يوضع فوق القرص الجسم المراد إجراء التجارب عليه . ولقد شرح بابن هذه التحسينات سنة ١٦٧٤ في كتاب صغير ألفه وسماه : « التجارب الجديدة على الفضاء الخلاء مع شرح الآلات التي تحدثه » . وقد أهدى كتابه هذا إلى أستاذه هيجنز ، وكتب إليه يقول :

« هذه هي تداريبك أنت ، أجريتها كلها بوحيك وإرشادك . وإني لأعلم أنها ما كانت منك إلا فكاهة ولهواً ، فلم تشأ لذلك أن تدونها ولا أن تنشرها . ولذا فإني واثق كل الوثوق من أنك لا تكترث لنشرى إياها ولا تهتم له » .

وبعد ظهور كتاب بابن بعشر سنين عينته الجمعية الملكية بلندن مذهباً للتجارب . وكانت مهمته إجراء التجارب أمام أعضاء الجمعية بعد تهذيبها .

مضخة بابن

وكان بابن شديد الاهتمام بالمناجم وبمسألة رفع الماء من جوف المنجم ، وكان الماء يرفع إذ ذاك بالأيدي في دلاء مربوطة بالحبال كما يرفع الماء من بعض الآبار في أيامنا . ففكر بابن في ذلك ، إلى أن هداه تفكيره إلى إنشاء طاحونة مائية يديرها جدول ماء . ولكن هذه الطريقة لا تجدي إلا إذا وجد جدول ماء قريب من المنجم . غير أنه وضع تصميمًا لطريقة ينتقل بها الماء بسهولة إلى أعلى فتحة المنجم . فالطاحونة المائية تحرك مكبس في اسطوانتين متصلتين بماسورة طويلة . ويضغط المكبس الهواء ويدفعه خلال



الماسورة حتى يصل إلى المنجم حيث توجد عجلة كبيرة أو بكرة يمر عليها حبل يحمل دلوين في طرفيه . ولف على محور هذه البكرة حبلان آخران ثبت طرفاهما فيه ، وعلق في الآخرين مكبسان يتحركان في اسطوانتين تتصلان بماسورة الهواء المضغوط . ففي مبدأ الأمر توصل اسطوانة بالماسورة فينخفض الدلوان على التناوب . ثم يفتح صنبور يصل الاسطوانة الأخرى بالماسورة فيرتفع الدلوان على التناوب أيضاً بعد أن يكونا قد ملئا ماء (أنظر إلى صورة مضخة بابن) .

وكان لهذا التعديل أثره ، فأدخل في المضخة التي تشغل باليد ، وهي المضخة الماصة ، ولكنه لم يكن كافياً ، إذ أنه يصبح عديم الجدوى إذا ما جف ماء الجدول صيفاً أو تجمد شتاء . أضف إلى هذا أن تلك المضخة لم تكن متقنة

(شكل ٥٤) مضخة بابن لرفع الماء من المناجم ، وتديرها طاحونة مائية تظهر بأعلى الصورة

تماماً فاخترع بابن أخرى أوفى بالغرض سماها المضخة المركزية الطاردة ، وهي لا تزال تستعمل إلى يومنا . وتتألف هذه المضخة من صندوق مستدير يحتوى على طارة تدوير الماء . ويدخل الماء في الصندوق من مركز الطارة ، ويتسرب عندما تدور الطارة من ماسورة جانبية في الصندوق . وحاول بابن أن يستخدم هذه المضخة في رفع الماء ، ولكنه لم يجد آلة يحركها بالسرعة الملائمة ، ولم يحصل على هذه الآلة ، إلا بعد أن اخترع الآلة البخارية .

محاولات بابن

ومكث بابن سنين يحاول اختراع الآلة البخارية ، ولكن ضاعت جهوده كلها ، ولم يصل إلى طلبته . غير أنه في غضون هذه السنين أوصلته بحوثه في سبيل اختراع الآلة البخارية إلى اختراع عدة آلات أخرى .

فمن هذه الآلات القارب الغواص . وقد كان در بل أول من اخترع ناقوساً للغوص يتحرك تحت الماء ، ويقال إنه غاص به في نهر التاميز فترة طويلة ، حيث اختفى في الماء في مكان ما ، ثم طفا بعدئذ في مكان آخر بعيد . وبعد أن مضى على حادث در بل هذا سنون ، سأل العالم بويل طبيباً كان قد تزوج من ابنة در بل ، كيف أن در بل ورجاله لم يختنقوا وهم تحت الماء . فأجابه الطبيب : إن در بل أخذ معه مقداراً من الهواء المضغوط . ولكنه هو ورجاله من التنفس في حيز محدود .

على أننا لا نستطيع في الوقت الحاضر أن نقرر ما إذا كانت قصة در بل هذه صادقة أم ملفقة ، ولكن المسلم به أن بابن نجح في إنشاء ناقوس للغوص ، ثم في استعماله وهو غائص تحت سطح الماء . ولم يكن ناقوسه ناقوساً بالمعنى الذي يفهم من الكلمة ، وإنما كان صندوقاً ارتفاعه ستة أقدام ونصف قدم يتسع لثلاثة رجال يقفون فيه منتصبين القامة . وهو حين ينغمر في الماء لا يختفى أثره بقائاً ، لأن بأعلاه ماسورة تصل إلى سطح الماء ، يدخل منها الهواء النقي ويفرغ منها الهواء الفاسد . وكانت المضخة التي تعمل ذلك إحدى مضخات بابن المركزية الطاردة . وتخرج من جانب الناقوس ماسورة تسع رجلاً يزحف

فيها . ولها عند طرفها البعيد باب يمكن فتحه تحت الماء . وهذا بطبيعة الحال يفتح طريقاً للماء ، لولا أن باباً بإحدى مضخاته قد سده وذلك بدفعه في الماسورة هواء مضغوطاً يطرد الماء ، ويستطيع الرجل الزاحف في هذه الماسورة الجانبية أن يبعث بلغم ينسف أية سفينة معادية .

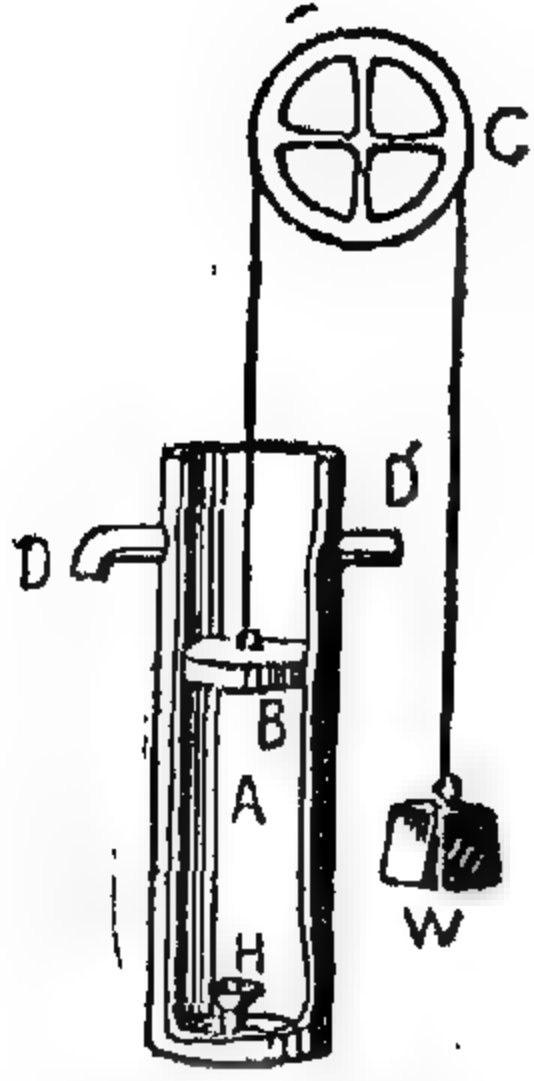
قدر بابن

ولئن كان قليلون يعرفون أن بابن هو في الحقيقة مخترع الآلة البخارية ، فإن كثيرين يعرفون تلك القدر التي اخترعها لطهى الطعام تحت ضغط مرتفع . وقد سماها « القدر المهضمة » . فالماء حين يغلى لا ترتفع درجة حرارته بزيادة النار تحته ، إذ أن زيادة الحرارة تزيد فقط في سرعة غليانه وبخره . ولكن إذا منعنا تسرب البخار المتصاعد منه عند تسخينه أمكننا أن نرفع درجة حرارة الماء . فإذا ما كان الغطاء محكما متين الجدران فإن البخار لن يتسرب ما لم يرتفع ضغطه كثيراً فيحطم الإناء ، وتكون نتيجة ذلك زيادة في درجة الحرارة التي عندها يغلى الماء .

وعلى هذا أنشأ بابن قدراً يغطيها من أعلى ثقل كبير . ولم يسد القدر بغطاء محوى (قلاوظ) ، لأن ذلك يؤدي إلى انفجارها ، بل كل ما فعله أنه استوثق من عدم تسرب البخار ما لم ترتفع درجة حرارته ارتفاعاً يزيد من قوته فيجعله يرفع هذا الثقل الكبير . وظن الناس حينذاك أنهم إذا طهوا طعامهم في مثل درجة الحرارة المرتفعة هذه ، فإنهم لا يحصلون فقط على خلاصة اللحم بل على خلاصة العظام أيضاً . وظنوا أنهم يستطيعون جعل العظام صالحة للطعام مستساغة . وشاركهم بابن هذا الظن أيضاً ، فطهى بعض العظام في قدره ، فاستحال أصلب عظام البقر والضأن مادة ملساء كالجبين ، وتحولت الخلاصة إلى هلام سميك على الرغم من أن العظام نفسها لا تصلح للأكل . وتستعمل القدر المهضمة في أيامنا الحاضرة للحصول على جلاتين من العظام .

مضخة هيجنز

ولما انتوى بابن أن يخترع الآلة البخارية التي طالما تطلع إلى اختراعها استرشد بما



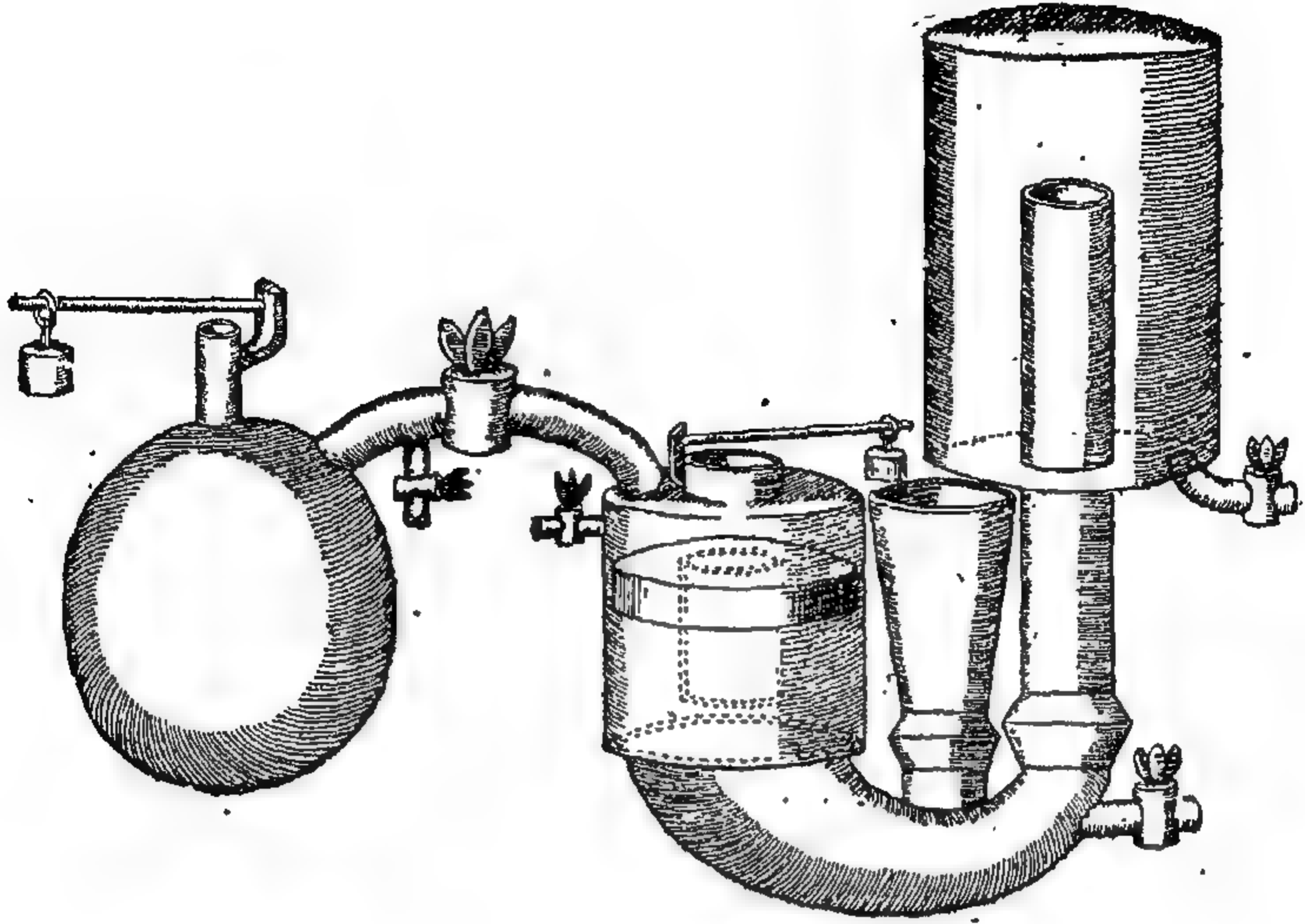
(شكل ٥٥)
مضخة هيجنز وتشغل
بمحرك البارود

كان يذكره عن آلة اخترعها هيجنز سنة ١٦٧٤ ، وكان القصد منها رفع الماء عن طريق انفجار البارود . وكان الماء إذ ذاك مطلوباً لبعض أعمال هامة في قصر ملك فرنسا . فجاء بأسطوانة طويلة تحتوي على مكبس ثقيل ، ثم ثبتها في وضع رأسي . وجعل في أسفل الأسطوانة سدّاداً لولبياً (قلاووظ) ، يوضع فوقه قبل سده قليل من البارود وثقاب بطيء الالتهاب ، فبعد سده بقليل يلهب الثقاب البارود فينفجر فيدفع المكبس إلى أعلى الأسطوانة ، وعندما تبرد الأسطوانة ينخفض المكبس بضغط الهواء عليه فيسحب بهبوطه سلسلة تمر على بكرة وبالسلسلة دلاء مربوطة .

الأسطوانة البخارية

وخطا بائن سنة ١٦٩٠ خطواته الأولى في سبيل إنشاء الآلة البخارية ، وذلك باختراعه أسطوانة يتحرك فيها مكبس ، لا عن طريق انفجار البارود ، بل عن طريق غلي الماء أسفله . ولذلك رأى « أن يوجه البخار إلى أسطوانة فيتحرك عند دخوله فيها مكبسها ، ثم تبرد الأسطوانة من الخارج ، فيتكاثف البخار ويقل الضغط فيتحرك المكبس إلى مكانه الأول . وفكر في أن يصنع آلة بخارية على أساس هذه الفكرة ، أهم ما فيها أسطوانة رأسية ذات مكبس يوضع في قعرها قليل من الماء ، حتى إذا سخنت الأسطوانة وتكوّن البخار اندفع المكبس متحركاً إلى أعلى . فإذا أزيل مصدر الحرارة من تحت الأسطوانة بردت ، فيتكاثف البخار ويتحرك المكبس بتأثير الضغط الجوي راجعاً إلى مكانه الأول وهكذا » .

وأكبر عيب في هذه الآلة ، هو أن الأسطوانة تسخن أولاً لكي يتحرك المكبس داخلها ثم بعدئذ تبرد ، وكلتا العمليتين تحتاج إلى زمن . وفي سنة ١٧٠٤ تلقى بائن أمراً من أمير ألماني بأن يبتنى له آلة بخارية لرفع المياه . وكان بائن قد اطلع في الوقت عينه على رسم للآلة التي ابتكرها مهندس الحربي الإنجليزي ، وهذه الآلة شبيهة « من

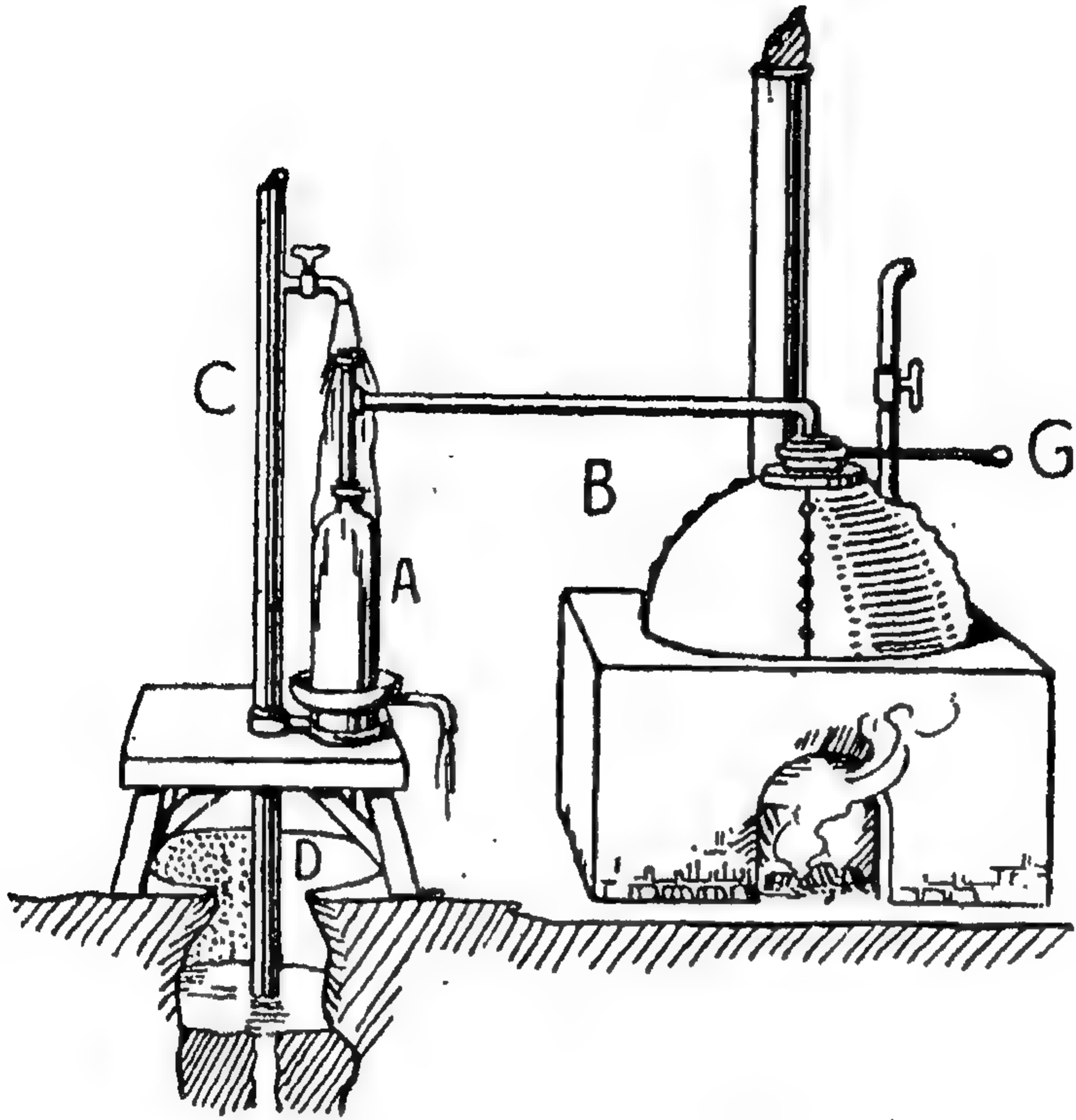


(شكل ٥٦) آلة بابن البخارية لرفع الماء

حيث العمل بالمضخة الماصة الكابسة ، لولا أن الأسطوانة في المضخة الماصة الكابسة استبدل بها إناء يوجه إلى داخله خلال أنبوبة بخار صادر من مرجل ، فيضغط هذا البخار على سطح الماء الذي في داخل الإناء فينفذ هذا الماء إلى أنبوبة شبيهة بأنبوبة المكبس في المضخة ، حتى إذا ما نفذ الماء كله وأصبح الإناء مملوءاً بالبخار سدد اتصاله بأنبوبة المكبس وقطع عنه مورد البخار وصب عليه ماء بارد ، فيتكاثف البخار داخله ، ويصير الضغط فيه صغيراً فينفتح صمام أنبوبة المص فيضعد الماء خلالها إلى باطن الإناء ، حتى إذا امتلأ ماء أعيد إيبصال البخار إليه وتكرر العمل السابق وهكذا . وهذا بإيجاز يبين الفكرة الأساسية التي بنى عليها سيفري رافعة الماء البخارية التي اخترعها .

الآلة ذات المرجل

فلما اطلع بابن على الرسم لم ترقه الفكرة ، ووجه عنايته إلى إصلاح تلك الآلة وجعلها أوفى بالغرض ، وانصرف عن فكرة إدخال الأسطوانة ذات المكبس في الآلة البخارية . وابتكر آلة تتألف من مرجل يوضع في النار ويبقى فيها . فالبخار المتصاعد من هذا المرجل يسير إلى أسطوانة ملئت لنصفها بماء . وعلى سطح هذا الماء يوجد طوف



(شكل ٥٧) مضخة سيفري البخارية

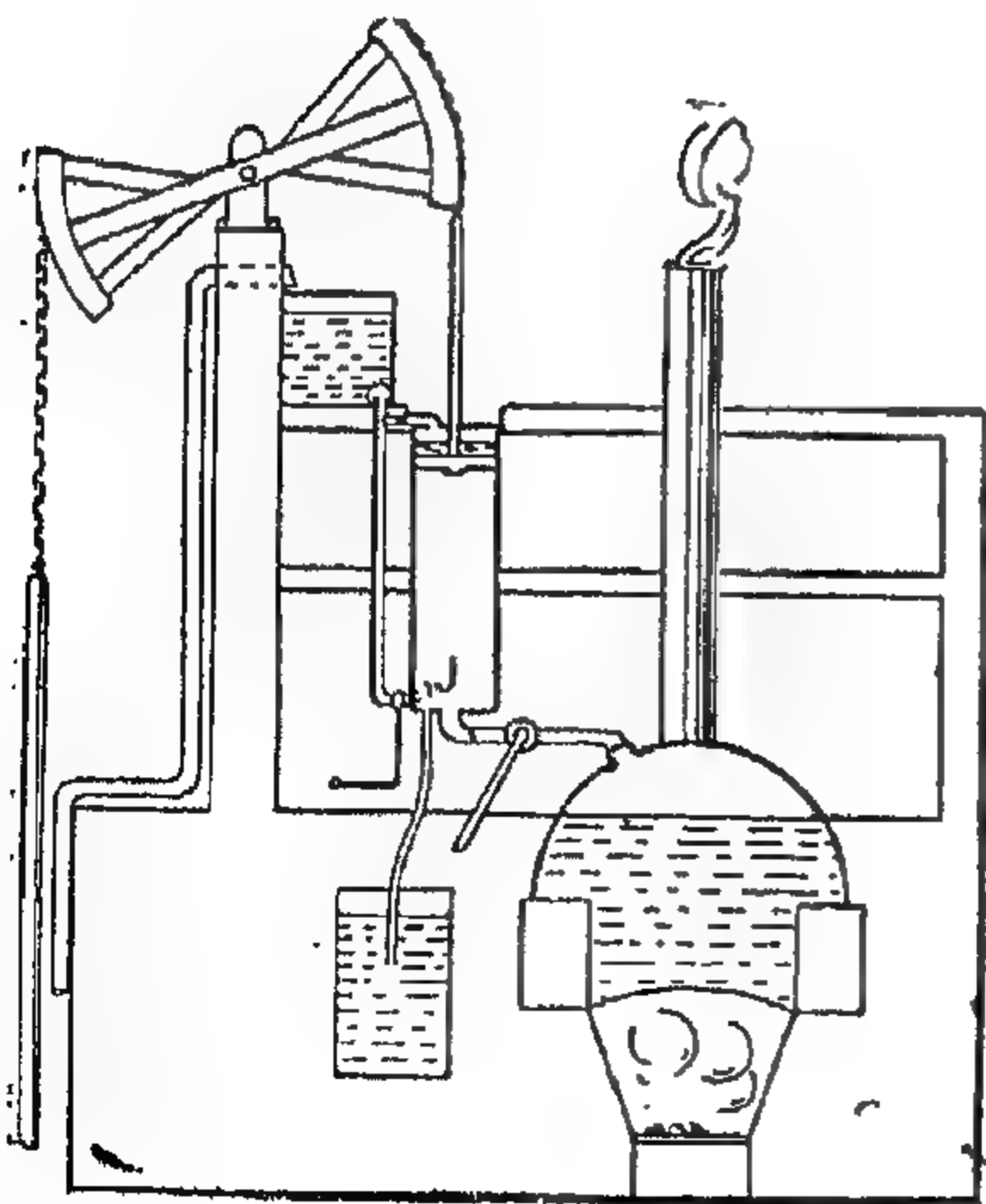
خشبى يمنع بتاتا اتصال البخار بالماء أسفل الطوف . ويشتمل الطوف على صندوق من حديد وضعت بداخله كرة من حديد مسخنة لدرجة الاحمرار . وعلى ذلك فالبخار لا يبرد عند دخوله الأسطوانة ، بل يدفع الطوف إلى أسفلها ، ويرغم الماء على السريان داخل ماسورة رأسية تحيط بها اسطوانة أخرى ويضغط الماء الهواء في هذه الأسطوانة الثانية ، وقد أعدت لهذا الهواء صمامات تمنعه من العودة . فهو إذن يستخدم لدفع الماء إلى أعلى الماسورة ، وبعدئذ يعود الماء إلى الأسطوانة الأولى وتتكرر هذه العملية . وظهر أن هذه الأسطوانة الأولى تظل ساخنة جداً لكي تحفظ للبخار قوته . وبذلك صارت آلة بابن البخارية ، تفضل الآلة التي اخترعها نيوكمن ، والتي أقيمت في ولفرهامبتون سنة ١٧١١ ، واستعملت لأول مرة لرفع المياه . « وفيها وصل نيوكمن مكبس الآلة البخارية بإحدى ذراعى رافعة من النوع الأول ، جعل ذراعها الأخرى متصلة بمكبس

مضخة معتادة ، فيتحرك هذا إلى أعلى عند تحرك مكبس الآلة البخارية إلى أسفل ..
وقد أدت الآلة الغاية المقصودة منها (إلى حتما) ، واشتهر نيومن من أجلها واتسعت
أعماله ، وصار من أشهر المهندسين الميكانيكيين في عصره .

وجرب بابن اختراعه أمام الأمير الألماني سنة ١٧٠٦ ، ونجح فعلا في رفع الماء بها
إلى ارتفاع قدره سبعون قدماً ، غير أن المواسير الطويلة جعلت تنضح «ض الماء» ،
فغضب الأمير الألماني لذلك ، وأبى أن يدفع بعد ذلك مالا لمواصلة التجارب . فعاد بابن
أدراجه إلى لندن ، وفي السنة التالية لعودته نشر كتابه المسمى « الفن الجديد لرفع الماء
بمساعدة النار على أكمل وجه » . ولم يقتصر اختراعه هذا على رفع الماء من المناجم
فقط بل عممها فصارت تطلق المدافع وتسير السفن والعربات .

ومات بابن بعد ذلك ببضع سنين ولم يُتم من اختراعه إلا القارب ذا الجذاف . وكان
من أئمة المخترعين ، ولكن المهندسين الذين عاصروه لم يوفقوا إلى إظهار مخترعاته العظيمة ..
ومع أن الآلة البخارية التي اخترعها تختلف كثيراً عن الآلات البخارية في الوقت الحاضر
إلا أنها تحتوى على مكبس يعمل في اسطوانة ، وعلى صمام أمن ، أى أنها تحتوى على
الأجزاء الرئيسية الجوهرية في الآلة البخارية الحديثة .

آلة نيومن البخارية



(شكل ٥٨) آلة نيومن البخارية

ولا يخفى أن نيومن صنع آله البخارية
على أساس فكرة بابن الأولى ، التي تتضمن
استعمال اسطوانة ذات مكبس ، « وكان قد
أدرك الخطأ الذي وقع فيه بابن ، إذ أنه
لم يفصل بين المرجل والأسطوانة ، فتجنب
نيومن الجمع بينهما ، والفكرة التي اتبعها هي
أن يوصل البخار من المرجل إلى الأسطوانة
ذات المكبس بصنوبر معد لذلك يتعهد
شخص ، فإذا ما ارتفع المكبس قطع البخار

عن الأسطوانة ثم بردها بالماء ، فيتكاثف البخار الذي في داخلها ، فيندفع المكبس متحركاً إلى أسفل بتأثير الضغط الجوي . فإذا وصل إلى قراز الأسطوانة فتحت الصنبور الممد لإدخال البخار في الأسطوانة مرة أخرى وتكرر العمل .

مهندس وات

وظاهر أن تبريد الأسطوانة بالماء البارد من أكبر العيوب لأنه لا يتفق وسرعة الحركة ، وكذلك لا يتفق وضرورة الاقتصاد في الوقود . « ويرجع الفضل في إصلاح هذا العيب الأساسي إلى وات المهندس الإيكوسى الذى أنشأ من الآلة القديمة آلة أخرى تصلح لرفع المياه بل تصلح أيضاً لتحريك كل أنواع الآلات بقوة وسرعة لم تكونا معهودتين في الآلة البخارية قبل .

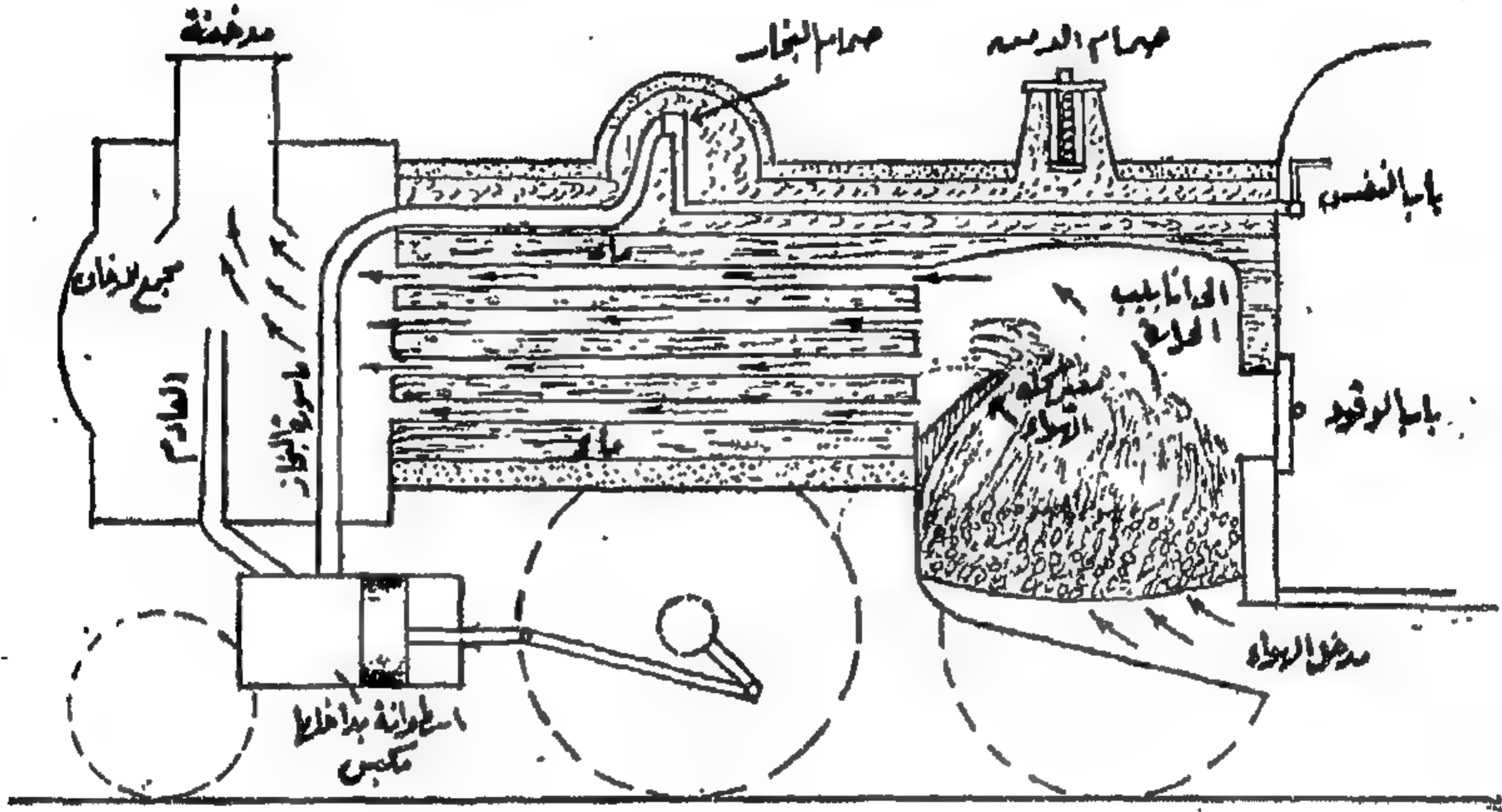
« وكان وات هذا في بادئ الأمر صانع آلات أو ميكانيكياً صغيراً ، يشتغل بجامعة جلاسجو بإيكوسيا ، وهناك تعرف ببلاك كاشف الحرارة الكامنة وصار من أقرب أصدقائه ، وكثيراً ما كان يباحثه في إمكان إصلاح آلة نيومن التى كانت أرقى آلة بخارية معروفة في ذلك العهد .

« وابتدأ بعض التجارب في هذا الشأن سنة ١٧٦١ ، ولكنه لم يوفق إلى شيء بوقتئذ ، وكان بالجامعة نموذج من تلك الآلة قد طرأ عليه بعض الخلل ، فكاف وات لإصلاحه ، فدرس تركيب الآلة درساً دقيقاً ، وأدرك بعد أن أصلحها أن فيها عيباً أساسياً يلزم تلافيه ، إذ رأى أنه من الضروري أن تبقى درجة حرارة الأسطوانة مساوية لدرجة حرارة البخار حتى يكون المكبس سريع الحركة وتكون الآلة اقتصادية لا تسرف في ضياع البخار .

« ولم ير وات حينئذ سبيلاً إلى ذلك وأعياء الأمر أولاً ، ولكنه رأى بعد لئى أن يضيف إلى الآلة إناءً يُوصل بالأسطوانة سماه المكثف ، بحيث إذا ملئت الأسطوانة بخاراً وارتفع مكبسها وصلت فجأة بالمكثف فتمدد فيه البخار وانخفض مكبس الأسطوانة من غير حاجة إلى تبريدها . ولم يكد يفكر في الأمر حتى شرع في تطبيق فكرته

عملياً ، فلما رآها صالحة أخذ يدخل في الآلة بعض التحسينات الثانوية ، وسجل اختراعه هذا أول مرة في يناير سنة ١٧٦٩ .

« ثم أخذ يحسن الآلة بحيث جعلها تصلح لتحريك آلات أخرى ، حتى لا يظل عملها مقصوراً على رفع المياه ، وأخذت الآلة البخارية منذ ذلك الوقت تسير في سبيل التقدم تبعاً لسنة الارتقاء . »



(شكل ٥٩) مقطع للفاطرة البخارية

انتهى هذا الكلام المقتبس من كتاب « علم الطبيعة » لمؤلفه الأستاذ نظيف . وعلى كل حال فالفضل في اختراع الآلة البخارية يرجع إلى بابن أولاً ، فهو الذي وضع الأساس ، وعنه أخذ نيوكن ، وعن هذا أخذ وات . ولا نقول إن الفضل الأول يرجع إلى هيجنز ، لأن اختراعه لم يكن آلة بخارية ، بل كان الحجر الأول في بناء الآلة ذات الاحتراق الداخلي .

الفصل الحادي عشر

الشرر الكهربائي

حينما كان أهل قرطاجنة يمحرون بسفنهم البحار في محاذاة شواطئ إسبانيا وفرنسا ، لكي يستبدلوا بأرجوانهم القصدير ، كانوا يعودون إلى بلادهم ومعهم قطع صغيرة من حجر له لون الذهب ، غير شفاف ، سهل قطعه . كان يستورده الإسبانيون والفرنسيون من شواطئ ألمانيا ومن بحر الباطيق . وهو في الواقع لم يكن حجراً ، بل كان عصارة نوع من شجر الصنوبر تجمدت بعد أن ظلت مطمورة في جوف الأرض سنين طويلة .

فهذا الحجر أو « العنبر » أو « الكهرباء » أو « الكهرمان » كما نسميه الآن كان لقدماء الأغريق والرومان أداة لهو يعجبون لها ويسرون منها . وكانوا يظنون أن له جميع الخواص السحرية . أليس له ، عدا جمال منظره إذا صنع عقداً يزين نحر الحسناء ، روح اختص به لأنه يجذب إليه أحياناً قطع القش الصغيرة أو ذرات التراب ؟ وما كان الأقدمون يستطيعون إلا أن يحسبوا ذلك لرغبة خفية أو إرادة كامنة فيه . وقد عرفوا من قبل مادة أخرى تبدو منها مثل هذه القوة الجاذبة ، وتلك المادة كانت حجر المغناطيس الذي يجذب إليه الحديد ، والذي لذلك سماه الأقدمون « الحديد المارق » ، يريدون « الحديد الحى » كما كانوا يسمون الزئبق « الفضة المارقة » .

وكان الدكتور جلبرت ، الذي سبق أن تحدثنا عنه في الفصل الخامس ، أول من أثبت أن القوتين تتباينان كل التباين ، فسمى القوة التي يظهرها العنبر « كهربائية » ، وتلك التي يبديها الحجر المغناطيسي « مغناطيسية » ، وقال إن القوة الكهربائية تظهر أو تثار إذا دلكنّا العنبر بقطعة من الصوف ، أما القوة المغناطيسية فإنها تثار في قطعة من الحديد بدلكنها بحجر المغناطيس أو بتعليقها بحيث تتجه وأحد طرفيها نحو القطب الشمالي . وكان الدكتور جلبرت أيضاً أول من اخترع تلك الآلة الصغيرة التي تشبه الإبرة المغناطيسية

ليثبت بها الجذب الكهربائي . ولم تكن إلا إبرة من قش ترتكز على سن مدببة ، كما ترتكز الإبرة المغناطيسية بالضبط .

الصلة بين الكهرباء والمغناطيسية

وعلى الرغم من أن جلبرت برهن على أن القوتين الكهربائية والمغناطيسية متباينتان تماماً فقد وقعت حادثة سنة ١٦٨١ أثبتت أن هناك صلة بين القوتين . ففي هذه السنة أبحرت سفينة إلى بوسطن فأصابها الصاعقة ، وهي شرارة البرق ، فوجدوا عند ما قارنوا البوصلة الموجودة في السفينة بموضع النجم القطبي أن القطب الشمالي للبوصلة متجه نحو الجنوب ، وأن قطبها الجنوبي متجه نحو الشمال . فالإبرة في الواقع انعكست ، وقد اقتيدت السفينة إلى بوسطن وبوصلتها معكوسة .

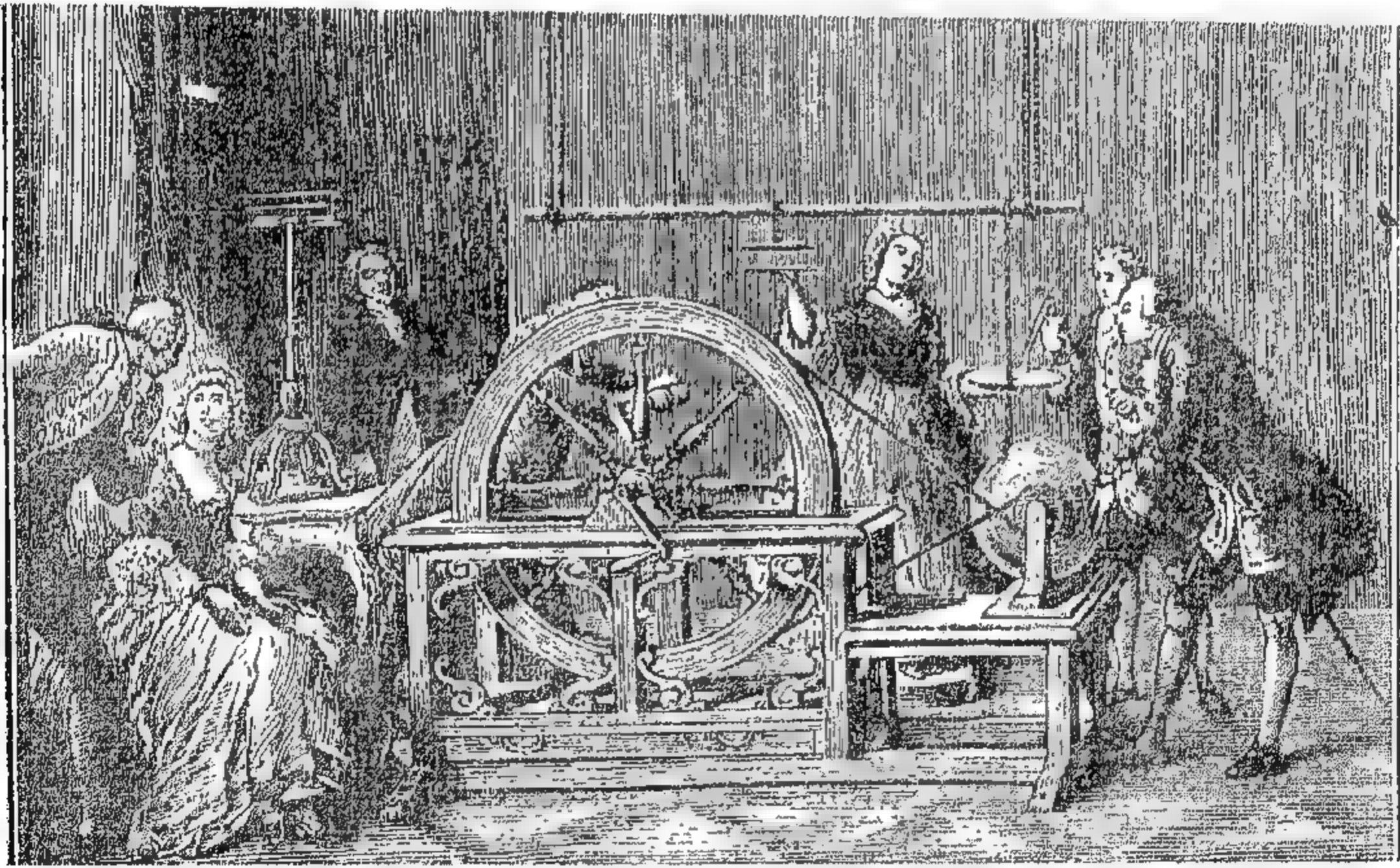
وكان الناس حتى في ذلك الوقت يظنون أن هناك ثمت علاقة بين البرق والقوة الكهربائية ، وهو ظن تحقق فيما بعد على يد بنيامين فرنكلين . ولاحظ العالم روبرت بويل أن الشعر يخضع بسهولة للجذب الكهربائي . والشعر يمكن في الواقع أن « يكهرب » كما اعتدنا أن نقول ذلك اليوم . فإذا ما جثمت هرة بجوار موقد زمنياً ما ثم لطمناها باليد لطمًا لطيفاً سمعنا صوت فرقعات صغيرة تشبه الصوت الملازم لحدوث الشرر الكهربائي الصغير ، ثم نرى بعض شعر الفرو قد تقارب وبعضه قد تنافر . وهذا أيضاً تشاهده السيدات وهن يمشطن شعورهن . فإذا ما كان الشعر جافاً تماماً تنافر بعضه .

وكذلك في حالة الشعر الصناعي الذي يكون دائماً أجف من الشعر الناعم نرى الجذب الكهربائي يحدث بشكل يلفت النظر . وقد لاحظ بويل ذلك كما قلنا منذ أكثر من مائتي سنة فكتب لصديق له يقول : « إن خصل الشعر الصناعي التي تكون في حالة جفاف خاصة تنجذب إلى البشرة . وقد رأيت ذلك في حسناوين تلبسان شعراً مستعاراً . فقد لاحظت أنهما لم تستطيعا أن تحولا دون طيرانه إلى خديهما والاصوق بهما مع أن الخدين خاليان من كل دهان ، ولم تكن السيدتان تستعملان الأدهنة . وقد سمحت لي إحداها بأن أجرى تجربة أخرى ، إذ سألتها أن ترفع يدها الدافئة على مسافة قريبة من

إحدى هذه الخصل بعد تعليقها في الهواء ، فما أن اقتربت يدها حتى انجذب أسفل الخصلة إلى يدها بعد أن كانت الخصلة بأكملها خالصة في الهواء .

مواد تتكهرب

واتضح فيما بعد أن هناك مواد أخرى عدا العنبر والشعر تبدى جذباً كهربائياً . فنيوتن جاء بقرص من الزجاج ووضع على نضد ، ثم جعل يدلكه بقطعة من قماش خشن بال حتى رأى بعض قطع الورق الصغيرة جداً المتناثرة على النضد بالقرب من القرص تنجذب إليه ، فإذا ما أدركته استقرت فوقه قليلاً ثم جعلت تزحف ثم تقف بل تقفز ثم تسكن وهكذا . ويمكن إجراء مثل هذه التجربة بسهولة ، وذلك بدلك قضيب من شمع الختم بخرقة من الصوف ثم تقريبه من قطع الورق .



(شكل ٦٠) آلة جيريك الكهربائية ذات الكرة الكبريتية

ودلك جيريك بيده كرة من الكبريت بدل دلكه العنبر أو الزجاج ، وكان قد صنع هذه الكرة بأن جاء بزجاجة كرية وملاها بقطع من الكبريت ثم سخنها فانصهر الكبريت وملاً سائله فراغ الجزء الكرى من الزجاج ، وتركه حتى برد فتجمد ، ثم كسر الزجاج واستخلص كرة الكبريت . وثبت بالكرة عصا جعلها محوراً لها . ثم ركب المحور

في جهاز خاص وأداره فدارت الكرة ، وعرض يده لها وهي دائرة فداسكتها ، ثم جعل يجذب بها الريش . ونجح في السيطرة بهذه الآلة الكهربائية على الريش المتناثر في الحجرة .

التوصيل الكهربائي

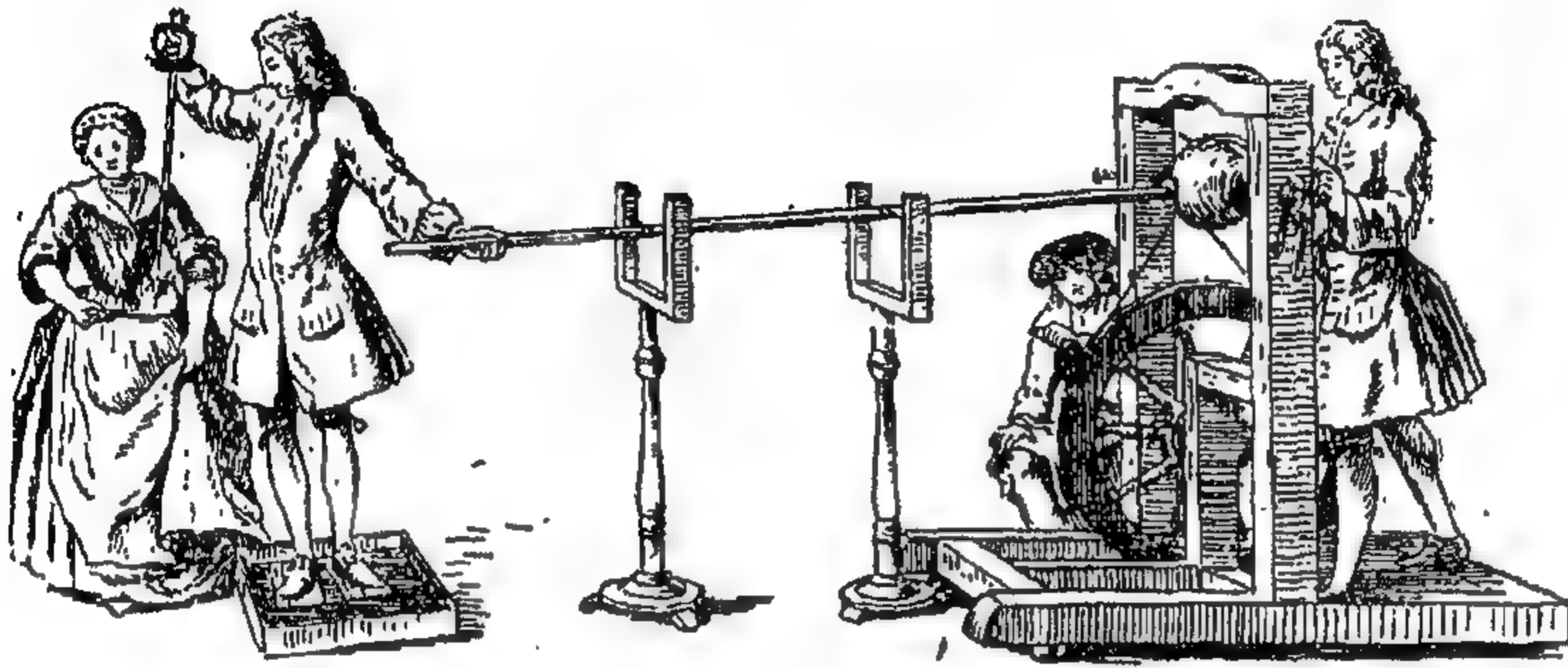
وفي سنة ١٧٣٠ وجد استيفن جراي وكان من الموظفين المتقاعدين ، أن القوة الكهربائية يمكن أن تنتقل إلى أحد طرفي سلك إذا قرب طرفه الآخر من الجسم المتكهرب . وفسر هذه الظاهرة بقوله إن السلك « وصل » الكهرباء . ووجد أن الأجسام كلها تنقسم في هذا الصدد إلى قسمين موصلة وغير موصلة ، وأثبت أن جسم الإنسان موصل بأن جاء بصبي وأوقفه على شبكة من الحرير معلقة وكهربه فبرهن على أنه يوصل الكهرباء . ثم وجد أنه بدلا من تعليق الصبي فوق الشبكة الحريرية يكفي أن يوقف على قرص من الراتينج لا يوصل الكهرباء كالحرير .

وتلقى الفرنسيون نبأ هذه التجارب بالاهتمام الشديد . وقام العلماء في فرنسا بإجراء تجارب كثيرة في هذا الصدد استخلصوا منها أنه إذا كهرب جسم بشدة أمكن أن يعطى شرراً . ووقف أحدهم على شبكة حريرية معلقة وطالب إلى زملائه أن يكهربوه . فلما كهربوه أمكن لكل منهم أن يخرج منه شرراً وذلك بلمس جسمه . وكان هذا الشرر يحدث صوتاً ووخزاً في جسم المتعرض له . وقال أحد الحاضرين إذ ذاك « لن أنسى أبداً الدهشة التي أحدثتها الشرارة الكهربائية الأولى الخارجة من جسم الإنسان » .

الآلات الكهربائية

وبلغ الاهتمام بهذه المشاهدة مبلغاً كبيراً ، وبدأ الناس يصنعون الآلات الكهربائية . ومن أحسن الآلات التي ظهرت إذ ذاك تلك التي صنعها الأستاذ بوز الألماني سنة ١٧٤٤ ، وهي تتألف من كرة زجاجية ركبت في إطار تديره بكرة فتدور الكرة . فإذا وضعت اليد على الكرة الزجاجية أثناء دورانها فإن الكرة تتكهرب ، وتسرى الكهرباء بالتوصيل خلال أنبوبة قصديرية طويلة تحملها خيوط من الحرير ، وجهاز طرفها القريب

من الكرة الزجاجية بخيوط من الكتان تلمس الكرة فتسرى كهربائيتها إلى الأنبوبة خلال هذه الخيوط الكتانية . وإذا وقف عند الطرف الآخر شخص فوق قرص من الراتينج أو الزيت ، وأمسك بيد سيفاً مسلولاً ، ولمس بالأخرى الأنبوبة القصديرية أمكن استخلاص شرر من طرف السيف ، وأمکن لهذا الشرر أن يشعل الكحول الموضوع في إناء تحمله خادم واقفة على الأرض كما ترى في الصورة .



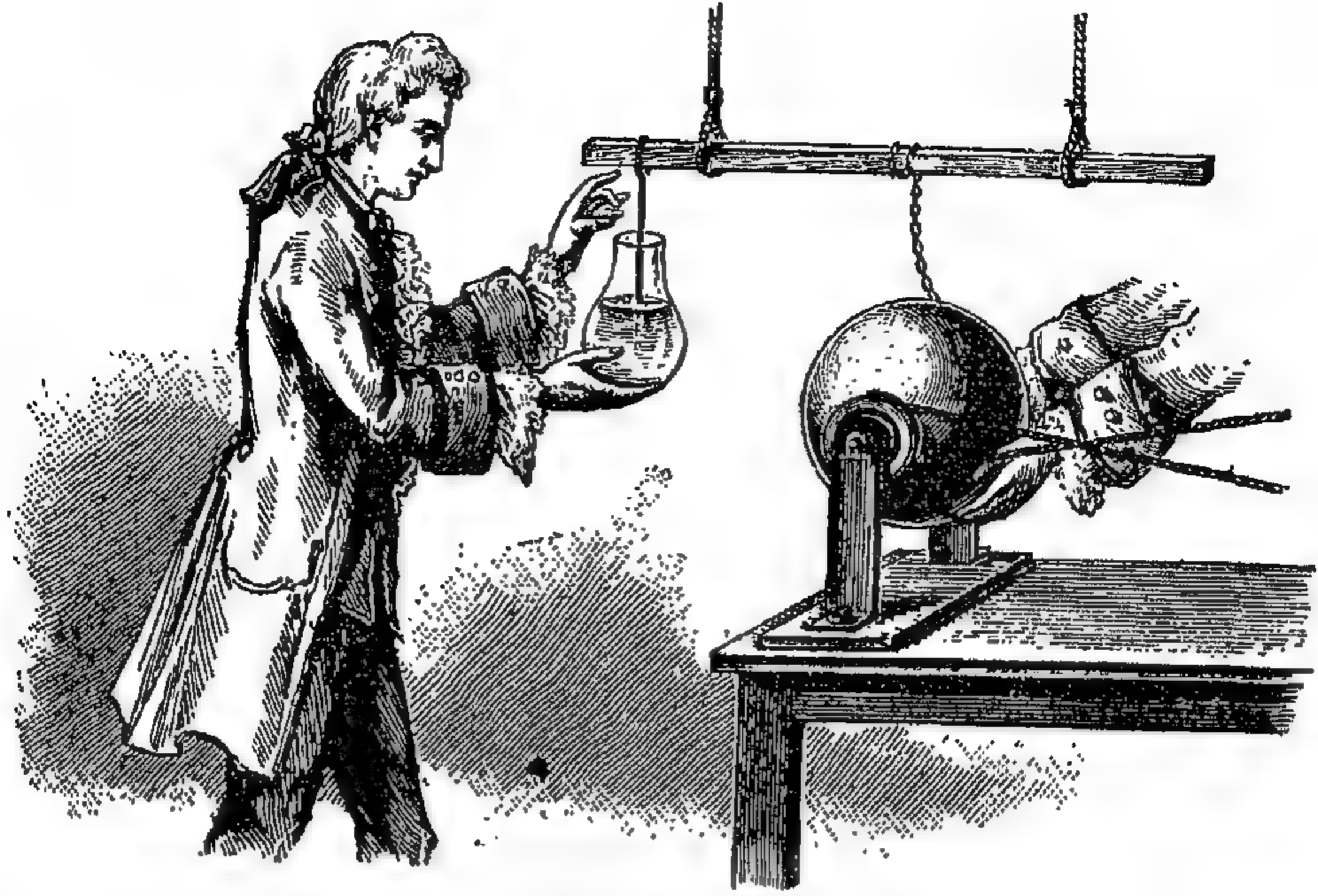
(شكل ٦١)

الآلة الكهربائية ذات الكرة الزجاجية والساق المعدنية ، ويحاول الشخص المسك بالساق والواقف فوق المادة العازلة أن يوقد بطرف سيفه الكحول الذي تحمله الخادم في إناء

ثم استبدلت الكرة الزجاجية باسطوانة من الزجاج ، ولم تستخدم اليد في ذلك الزجاج بل سلطت على الاسطوانة وسادة من الجلد لكي تقوم بعملية الدلك . وأول من فكر في استخدام الوسادة لهذا الغرض العالم الألماني فنكر أستاذ الفيزيكا بجامعة ليبزج ، وكانت وسادته التي استخدمها مصنوعة من الجلد ، وتضغط على الزجاج بفعل ضاغط (زنبرك) أعد خصيصاً لذلك . فكانت هذه الوسادة بمثابة يد صناعية ، ولكنها لم تكن وافية تماماً بالغرض إلى أن دخلها التحسين فيما بعد بتغطيتها بخليط من القصدير والزنبق . وأخيراً استبدلت الكرات والاسطوانات بأقراص من الزجاج .

زجاجة ليد

وانتشرت سنة ١٧٤٥ بدعة إجراء التجارب الكهربائية ، وذلك بسبب استكشاف جهاز يجعل التفريغ الكهربائي أو الشرارة الكهربائية أشد . وكان استكشاف هذا الجهاز



(شكل ٦٢) استكشاف زجاجة ليد

مصادفة ، وحدث في آن واحد في بومرانيا بألمانيا وفي هولندا . فقد أراد مرة فون كلايست رئيس أساقفة كاتدرائية كامن في بومرانيا أن يكهرب قارورة من الزجاج ، فوضع فيها مسماراً ، وأمسك بالقارورة في يده ووصل المسمار بمستودع الآلة الكهربائية . فما كان أشد دهشته إذ شعر برعدة عنيفة ارتجت بها ذراعه عندما قرب يده الأخرى ، فلمس بها المسمار . وأراد موشنبروك أحد أساتذة الفيزيكا بجامعة ليدن في هولندا أن يجري تجربة يكهرب بها الماء ، فملأ قارورة بالماء وأمسك بالقارورة صديق له يدعى كونوس ، وغمر في الماء سلكاً أوصله بمستودع آلة كهربائية . ثم أدار الآلة مدة أراد هذا الصديق بعدها أن ينزع بيده الأخرى السلك من الماء ، فشعر أيضاً برعدة عنيفة آلمته في ذراعه . ورأى موشنبروك أن يعيد التجربة بنفسه ، فكان نصيبه أشد من نصيب صديقه ، حيث آلمته الرعدة في ذراعه وكتفيه . فكتب إلى ريويس العالم الفرنسي ينبئه بأمره ، وآلى على نفسه ألا يعود مرة أخرى إلى مثل هذه التجربة ، ولو أعطى في سبيل ذلك ملك فرنسا .

وبهذه السكيفية اخترعت الزجاجات التي عرفت فيما بعد بزجاجات ليد نسبة إلى ليدن ، وإن كان مخترعها أحجم عن التلاعب بها نظراً لما أصابه . على أن هذا الشعور لم يشاركه فيه غيره ، وقام كثيرون يحاولون تجربة الصدمة الكهربائية التي ترج الأجسام وترعدها

لكي يروا أثرها فيهم ولكي يخبروا أمرها . ومضى الأستاذ بوز في تجاربه في هذا الصدد غير مكترث مظهراً رغبته في أن تقضى عليه الصدمة لكي تتخذ الجامعة العلمية ، وعلى الأخص أكاديمية العلوم في فرنسا ، موته بهذه الصفة موضوع بحث جديد .

وشاع الجهاز الجديد كل الشيوع واتخذته كثيرون وسيلة للهو والتساية ، واتخذ بعضهم حرفة يسترزقون من ورائها . فكانوا يجربون البلاد ويعرضون الجهاز للبيع بعد عرض التجارب على الناس ، فيضعقون بعض الطيور والحيوان ويصهرون بعض الأسلاك الرفيعة . وتقف ثلة من النظارة ، بلغ عددهم مرة مائة وثمانين جندياً ، وبضع مئات من الرهبان مرة أخرى ، يمسك أحدهم بيد الآخر ، ويمسك أولهم في يده الزجاجية ويدفي آخرهم يده من الموصل المتصل بباطنها فيرتعدون جميعهم دفعة واحدة من أثر الصدمة ، وفي بعض الأحيان كانوا يقفزون .

بنيامين فرنسكلين



وأخذت التجارب تتعدد وتنوع ، وأخذت تفتشر من بلد إلى آخر حتى وصلت أمريكا ، ولفت حدوثها نظر رجل استطاع أن يخطو بها إلى الأمام خطى أخرى . وهذا الرجل هو بنيامين فرنسكلين ، وكان إذ ذاك في الأربعين من عمره ، يحترف صناعة الطباعة ويشغل بتحرير جريدة في مدينة فلادلفيا . وقد جابت بعد ذلك شهرته في العمل والسياسة أرجاء العالم ، وكان من أكبر الشخصيات البارزة في حركة استقلال الولايات المتحدة ومن أعظم أبطالها . وكان عدا ذلك في مقدمة رجالات

(شكل ٦٣) بنيامين فرنسكلين

العلم الذين لهم فخر الانتساب إلى كل الجمعيات العلمية في أوروبا ، ومن معظم علماء الكهربية في القرن الثامن عشر . فلما استكشف الكهربية الجوية ، كما سيجيء لقبوه بالرجل « الذي اختطف البرق من السماء والصولجان من الطغاة » .

كشف تأثير الأسنة

شغف فرنكلين بعلم الكهربية منذ رؤيته تلك التجارب أول مرة ، وأخذ يجرى هو أيضاً بعض التجارب ، فاشتهر أمره سريعاً بين قومه وقصده كثيرون من صحبه وذويه ليشاهدوا في منزله تجارب به الغريبة . وكانت تجارب به الأولى خاصة بتأثير الأسنة وأفضت به إلى كشف عملها في « جذب » الكهربية من الجسم المتكهرب إليها ، وفي دفعها عنه . وتجارب به في ذلك غاية في البساطة . فمنها « أنه أخذ قنبلة فكهربها وجعل كرة صغيرة من الفلين معلقة بخيط من الحرير لمسها فتتنافر عنها ، فرأى أنه إذا قرب من القنبلة سناً حاداً ، كالطرف المدبب لخنجر مثلاً ، وهو ممسكه باليد ، بطل التنافر بين كرة الفلين والقنبلة ، ورأى أنه إذا نظر إلى الطرف المدبب للسن في الظلام أثناء ذلك ، ظهر عليه تألق يكون أكثر وضوحاً كلما كان السن أحد . كذلك رأى أنه إذا وضعت على الموصل المتكهرب إبرة صغيرة ذات طرف مدبب حاد زال تكهرب الجسم » .

فاستدل فرنكلين من هذه التجارب وأمثالها على تأثير الأسنة ، وأرسل إلى الجمعية الملكية بلندن رسالة وصف فيها تجارب به في هذا الموضوع ، وضمن هذه الرسالة أيضاً نظريته في الكهربية ، وهي النظرية المعروفة بنظرية « السيل الواحد » ، وفيها تعتبر الكهربية ، أو « النار الكهربية » ، كما سماها الفرنسيون ، سيالاً منتشراً في الأجسام المادية . فإذا ذلك جسمان أحدهما بالآخر ازداد مقدار هذه النار في أحدهما بقدر نقص مقداره في الآخر . وعبر عن حالة الأول بأن تكهربه زائد ، وعن حالة الثاني بأن تكهربه ناقص . ومنذ ذلك الحين سمي نوع الكهربية الأول « الموجب » ، وسمى الثاني « السالب » . واقترح فرنكلين على نفر من صحبه أن يصحب تجارب به الكهربية بإعداد طعام كهربائي لهم ، فيه يصعق ديك رومي بصدمة الكهربية ، ثم يشوى فوق نار تشعلها الكهربية .

البرق سمرارة كهربائية

وفي سنة ١٧٤٩ خطر لفرنكلين أن يجرى تجارب يثبت بها أن البرق في الحقيقة

شرارة كهربائية كبيرة . وكان يظن قبل أن يرى التجارب الكهربائية أن البرق نوع من نفثة كهربائية تنفثها الأرض وتتجمع في الجو . وكان غيره يظن أن البرق فرقة غازية . وما كان يمكن خبر هذين الزعمين عن غير طريق التجربة . فلا يكفي لتفسير شيء أنه يشبه قليلاً أو كثيراً شيئاً آخر . فقد تتشابه الأشياء ظاهرياً كل الشبه في حين تكون متباينة كل التباين لا ترتبط بأدنى صلة . مثال ذلك أن الصقيع يبدو على زجاج النوافذ في البلاد الباردة أشبه شيء بأوراق نبات السرخس . ولكن شتان بين نمو السرخس في الغابات ونمو بلورات الصقيع على الزجاج . ففي الأولى لا بد من تربة وبذرة وتغذية ودرجة حرارة خاصة ، وفي الثانية لا يحتاج الأمر لغير الماء والبرد الشديد . ولكن غرنكاين كان ذا نزعة علمية صادقة . فلما وجد أن المشاهدات تدل على وجود تشابه كبير بين الشرارة الكهربائية التي يمكن الحصول عليها عند تفريغ زجاجة ليد وبين شرارة البرق ، لم يشأ أن يقول على الفور إنهما من طبيعة واحدة . فهما يتشابهان في إحداثهما ضوءاً واحداً ، وفي تخرج مسيرهما وسرعة حركتهما ، وفي انتقالهما في الموصلات وصهرهما المعادن ، وإشعالهما المواد القابلة للاشتعال وقصفهما الأشياء ، وقتلهما الحيوانات في الحال ، وإحداثهما نفس الصوت ونفس الرائحة . فاستنتج أن البرق قد لا يختلف في طبيعته عن الشرارة الكهربائية وإن كان أشد وأعظم منها أثراً .

فما الذي إذن هو صانعه ؟ عليه أولاً أن يجري في معمله تجربة يحاكي بها البرق ، وثانياً أن يحصل على كهربائية من الجو .

فأما عن التجربة الأولى « فقد علق من سقف غرفته ميزاناً ذا كفتين ، وكانت كفتاه معلقتين بخيوط من حرير ، وكانت إحداها متكهربة والأخرى غير ذلك ، وأدار عاتق الميزان عدة مرات حتى إذا التوى الخيط المعلق منه وترك شأنه دار العاتق بالكفتين لكي يرجع الخيط إلى حالته الأولى فلا يكون فيه التواء . ووضع على أرض الغرفة تمثالاً من الحديد ، حتى إذا تحركت الكفتان حركتهما الموازية لأرض الغرفة ، دنت كل منهما بالتبادل منه ومرت من فوقه ، فشاهد أنه عندما مرت الكفة المتكهربة من فوق الجسم هوت نحوه من جراء التجاذب المتبادل بينهما ، ونشأ عن ذلك أحياناً حدوث شرارة

بينهما تتفرغ بها شحنة الكفة . وشاهد أيضا أنه إذا وضعت بالقرب من الجسم إبرة متصلة بالأرض ، بحيث تكون قائمة ، وكان طرفها المدب مشيرا إلى أعلى ويعمل فوق الجسم ، مرت الكفة المتكهربة من فوقه وتفرغت شحنتها دون أن يحدث شيء ما .

فالكفة المتكهربة في هذه التجربة تمثل السحابة المتكهربة ، والشرارة التي تحدث بين الكفة والجسم تمثل الصاعقة التي تنقض على بناء مرتفع أو سفينة في البحر أو شخص في العراء . ورأى فرنكلين أنه يمكن بتأثير الأسنة تفريغ تكهرب السحب التي تحلق فوق بناء عال ، من غير أن يصيبه ضرر ، كما أمكن في التجربة تفريغ شحنة الكفة المعلقة دون أن يحدث بينها وبين الجسم شرارة . فلم يبق إذن إلا أن يجذب فرنكلين إليه شرارة كهربائية من البرق لكي يبرهن على أن البرق تفريغ كهربائي .

وهنا فكر في التجربة الثانية . رأى أن يقيم على أعلى برج ساقا مدببة من الحديد تخرج من كوخ صغير من الخشب على قمة البرج ، وتتصل بكرسي معزول ذي قوائم من الزجاج ، ويبلغ ارتفاعها نحو ثلاثين قدماً أو يزيد . فإذا وقف فوق الكرسي رجل ، ثم حلت بين البرج سحابة متكهربة ، اتصل إليه بتأثير السن بعض الكهرباء ، وأمكن إحداث الشرر الكهربائي كالمعتاد .

وكتب فرنكلين للجمعية الملكية بلندن يقترح عليها إجراء هذه التجربة ، ولكن الجمعية عدت رأيه خيالياً ولم تقدم على تشجيعه ، فرأى أن يسعى لجمع المال عن طريق اليانصيب لكي يتسنى له أن يبني برجاً لهذا الغرض . وبينما هو يعمل الفكر للوصول إلى غرضه بلغه أن التجربة التي اقترحها قد أجريت في باريس ، وأنها نجحت النجاح المرجو . ذلك أن من يدعى دالبار أحد علماء فرنسا قد أجرى تجربة في قرية مارلى بالقرب من باريس ، حيث أقام قضيباً من المعدن طوله أربعون قدماً وعزله وركزه فوق نضد داخل كوخ ، واخترق بالطبع سقف الكوخ . وجعل بقربه سلكاً من النحاس مثبتاً في قارورة من الزجاج ، وأقام على حراسته جندياً قديماً من حرس الملك ، وأوصاه أن يرقب السماء حتى إذا تلبدت بسحابة مبرقة مرعدة أسرع إلى الكوخ وقرب السلك من القضيب . فلبث الجندي ينتظر حتى وقع بعد بضعة أيام ما كان ينتظر فأسرع إلى السلك

يدنيه من القضيب ، فحدث شرر كهربائي أفزعهم وجعله يشم رائحة كرائحة الكبريت ، وخيل إليه أن ثمت شيطاناً يسخر منه . ففر هارباً إلى قسيس القرية يستعيز به من ذلك الشيطان الماكن . ولكن القسيس عرف أن ذلك لم يكن من فعل شيطان ، وجعل يحدث شرراً من القضيب بوساطة السلك ، ثم كتب إلى دالبار يصف له ما جرى ، فسر دالبار لذلك ، وتأكد أن رأى فرنكلين لم يكن مجرد حدس بل كان حقيقة لا ريب فيها .

ولكن هل اقتنع فرنكلين لما بلغه نبأ هذه التجربة ؟ كلا بل قام في ذهنه أن القضيب أقصر من أن يبلغ السحب ، وأنه ربما يكون قد تكهرب من غيرها . وإذن لا بد من تجربة أخرى فاصلة . « فصنع طيارة كالطيارات المعتادة التي يلهو بها الصبية ، من الحرير لكي تقوى على عصف الرياح والأمطار ، وجعل في أعلاها سلكاً ذا طرف مدبب طوله قدم أو أكثر . وفي يوم عاصف في شهر يونية سنة ١٧٥٤ استعان بابنه ، فأرسلها في الجو وربط خيط الطيارة في شريط من الحرير جعله في يده ، وجعل عند اتصال الشريط بالخيط مفتاحاً ، ووقف تحت مظلة يتقي بها الأمطار يرقب ما بيده . فرت من فوقه سحابة ولم يحدث شيء . وانتظر وطال به الانتظار ، فل وكاد يأس وإذا بأوبار الشريط قد انتصبت متنافرة . فلما أدنى منها يده انجذبت نحوها ، فأدنى إصبعه من المفتاح فحدث شرارة ، فلما بللت الأمطار خيط الطيارة زادت الشرارة شدة ، فأدنى من المفتاح اللبوس الداخلى لزجاجة ليد فشحنها . ثم أجرى بعد ذلك بعض التجارب المعتادة مستعملاً كهربائية السحب ، فتحققت آراؤه . »

نوع كهربائية السحب وممانعة الصواعق

« وتتبع فرنكلين هذه البحوث فاختر نوع كهربائية السحب فوجدها موجهة أحياناً وسالبة في الغالب . وبين فكرته في وقاية المباني بوساطة ممانعة الصواعق . ومن تجاربه التي أجراها أنه نصب في بيته قضيباً من الحديد طرفه الأعلى المعرض للجو مدبب حاد ، وجعل القضيب معزولاً ووضع بقربه على بعد قدره ست بوصات قضيباً متصلاً بالأرض ،

وثبت على كل منهما ناقوساً صغيراً ، وعلق بين الناقوسين كرة صغيرة من المعدن بخيط من الحرير ، حتى إذا تكهرب القضيب الأول بتأثير كهربائية السحب ، انجذبت الكرة إلى الناقوس المتصل به فطرقته وتكهربت بالتلامس بنوع كهربائيتها ، فتنفرد عنه منجذبة إلى الناقوس الآخر فتطرقه وتنفرد بلامسته كهربائيتها ، وتنجذب مرة أخرى إلى الناقوس الأول وهكذا ، فيدق الناقوسان منبئين بدنو السحب المتكهربة .

« وقد انتشر ذكر تجارب فرنكلين هذه وبحوثه في أمريكا وأوروبا ، وطبقت مانعة الصواعق التي اقترحها لوقاية المباني عل الرغم من معارضة بعض رجال الدين في ذلك . وأقر أعضاء الجمعية الملكية في لندن بصدق آرائه ونظرياته ، ومنحوه مدالة (مدالية) ثم انتخبوه سنة ١٧٥٦ عضواً لإقراراً بفضلهم . »

ولم تكن توصل في بعض الأحيان هذه الموصلات بالأرض ، بل كانت توصل بجهاز خاص لقياس مقدار الكهربائية ، كما أنها كانت توصل أحياناً بزجاجة ليدي لجمعها . وأجرى رتشان في بتروغراد تجارب في هذا الصدد ، وبينما كان هو وصديق له يلاحظان الآلة القائسة ، رأى ذلك الصديق كـرة من نار زرقاء تخرج من القضيب وتنقض على رأس رتشان فتقتله على الفور .

على أن موت ذلك الرجل لم يثر في القلوب فزعاً ، بل أثار حسداً ، وتمنى بعضهم لو مات مثل هذه الميته الشرفة . واهتم العلماء بموت رتشان وفحصوا جثته ، فكان أول وآخر ضحية في هذا الصدد ، لأن الذين تبعوه اتخذوا من موته الحبيطة التي تقيهم مثل هذه الأخطار .

أما فرنكلين فلم تتح له أعماله السياسية الاستمرار في بحوثه الكهربية ، وظل يكافح إلى أن دحر الطغاة ، وبلغ من استقلال بلاده غاية ما تمناه .

وهكذا الحياة عقيدة وجهاد .

الفصل الثاني عشر

التيار الكهربائي

استخدمت الآلة الكهربائية التي مر بنا ذكرها في الفصل الماضي في استخلاص ما سميناه « السيل الكهربائي » من جسم ما بدلكه . ورأينا أن ذلك السيل يحدث أثناء سيره في الهواء شرارة وضوءاً ، ورأيناه يؤلم الإصبع ، ويحدث في حالة ما لو كان كبيراً صدمة قوية قاسية تقتل صغار الحيوان ، ورأيناه في صيغة البرق أو الصاعقة يقتل الإنسان .

وقد سمى فرنكلين هذا السيل كما مر بنا « النار الكهربائية » ، وظن أنه سيل دقيق جداً ولطيف جداً ، وأنه موزع في الطبيعة كلها ، وأنه سبب الحوادث الكهربائية جميعها .

ولما وجد أن خيطي الحرير المشحونين بالكهربائية يتنافران استنتج أن جزءاً من السيل الكهربائي يؤثر بالتنافر في أي جزء آخر منه . وكان يرى أنه إذا دلك جسم جسماً آخر فإن بعض السيل ينفصل من أحدهما لكي يمتصه الآخر ، فإذا ما تم ذلك تجاذب الجسمان بنسبة مقدار ذلك الجزء الممتص من السيل الكهربائي . وعلى ذلك فهناك تجاذب وتنافر كهربائيان ، وأن التجاذب إنما يحدث بين السيل الكهربائي وأي جسم يكون قد فقد القدر المعتاد الذي يخصه من هذا السيل ، وأن التنافر يحدث بين أجزاء من السيل نفسه وأيضاً بين جزئين من المادة فقد بعض سيلها الكهربائي . ومن ثم اعتقد فرنكلين أن علم الكهربائية بأجمعه يمكن أن يقام على دراسة حركة السيل الكهربائي وتوزيعه .

السيل الكهربائي عديم الوزن

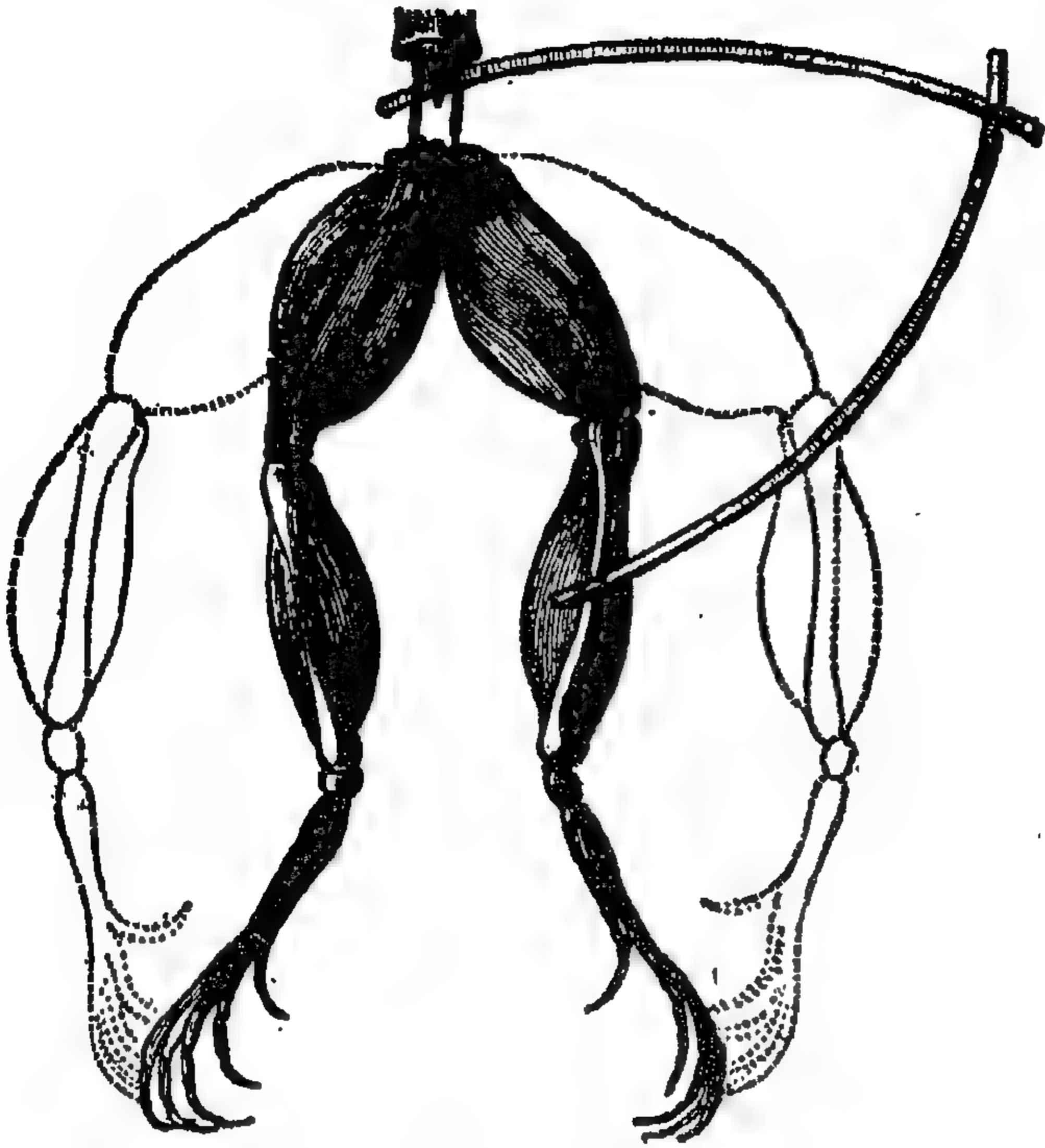
وحاول فرنكلين أيضاً أن يجد ما إذا كان ينقص وزن الجسم بعد فقد جزءاً من

سياله الكهربائي الطبيعي الموجود فيه أم لا ، ولكنه لم يجد فرقاً بين الوزنين ، فأدى به ذلك إلى القول بأن السيل الكهربائي لا وزن له . وهو قد عرف الفرق بين الأجسام التي توصل الكهربائية وتلك التي لا توصلها ، وكان من رأيه أن الأجسام الموصلة يمكنها أن تأخذ من السيل مقداراً كبيراً وتخزنه في داخل مادتها . وانتهى إلى أنه لا يمكن إلا استخلاص قدر معين من كهربائية أي جسم مهما ذلك ، وفرض أن مقدار الكهربائية في الجسم محدود ، وأنه يمكن الحصول على الحد النهائي للكهربائية بعد قدر خاص من ذلك . أما كون الآلة تعطى إيراداً ثابتاً من الكهربائية ، فقد فسره بأن فرض أن الكهربائية تعود ثانية إليها خلال الهواء . وعلى ذلك فهناك دورة كهربائية مطردة ، أو بعبارة أخرى يوجد نوع من تيار كهربائي ، ولكنهم لم يصلوا في زمن فرانكلين إلى طريقة يحدثون بها تياراً كهربائياً مطرداً .

وإذا نحن أردنا أن نوازن بين التيار الكهربائي والتيار المائي ، فإنه يمكن إجراء الموازنة كما يأتي : البرق والشرارة الكهربائية يشبهان رشاش الماء المتساقط من علو كبير ، والحدث من ثم صوتاً عظيماً . وتعطى الآلة الكهربائية نوعاً من تيار يمكن أن يقارن به جدول ماء يجري ماؤه على الصخر فيحدث جلبة كبيرة ، على حين أن مقدار الماء الجاري قليل . وكان الكشف العظيم الذي تلا ذلك في الكهربائية هو كيفية إحداث تيار مستمر يمكن أن يقارن بانسكاب الماء من صنوبر باستمرار ودون جلبة ، وقد وصلوا إلى استكشاف ذلك وإنما بطريقة غير مباشرة .

الكهربائية الحيوانية وكشف التيار

ففي أواخر القرن الثامن عشر عثروا على نوع غريب من السمك هو السمك الرعاد . فهذا السمك يدافع عن نفسه عند مهاجمته ، وذلك بإطلاق كهربائية تحدث لكل من يقترب منه صدمة شديدة . فلما تحقق رجال العلم من كهربائية هذا السمك انحازوا إلى الرأي القائل بأن جميع حركات العضلات كهربائية . وأجرى أحدهم كما سيجيء تجارب على الضفادع كانت نتيجةها مجاهرته بأن نوعاً من البخار الكهربائي يسرى خلال العضلات



(شكل ٦٤) أثر التيار الكهربائي في ساق الضفدعة

والأعصاب ، ويحدث عدا حركة الحيوان أنواع الإحساس عنده . وبذات جهود كثيرة لاستكشاف هذا البخار الكهربي أو « الكهربية الحيوانية » .

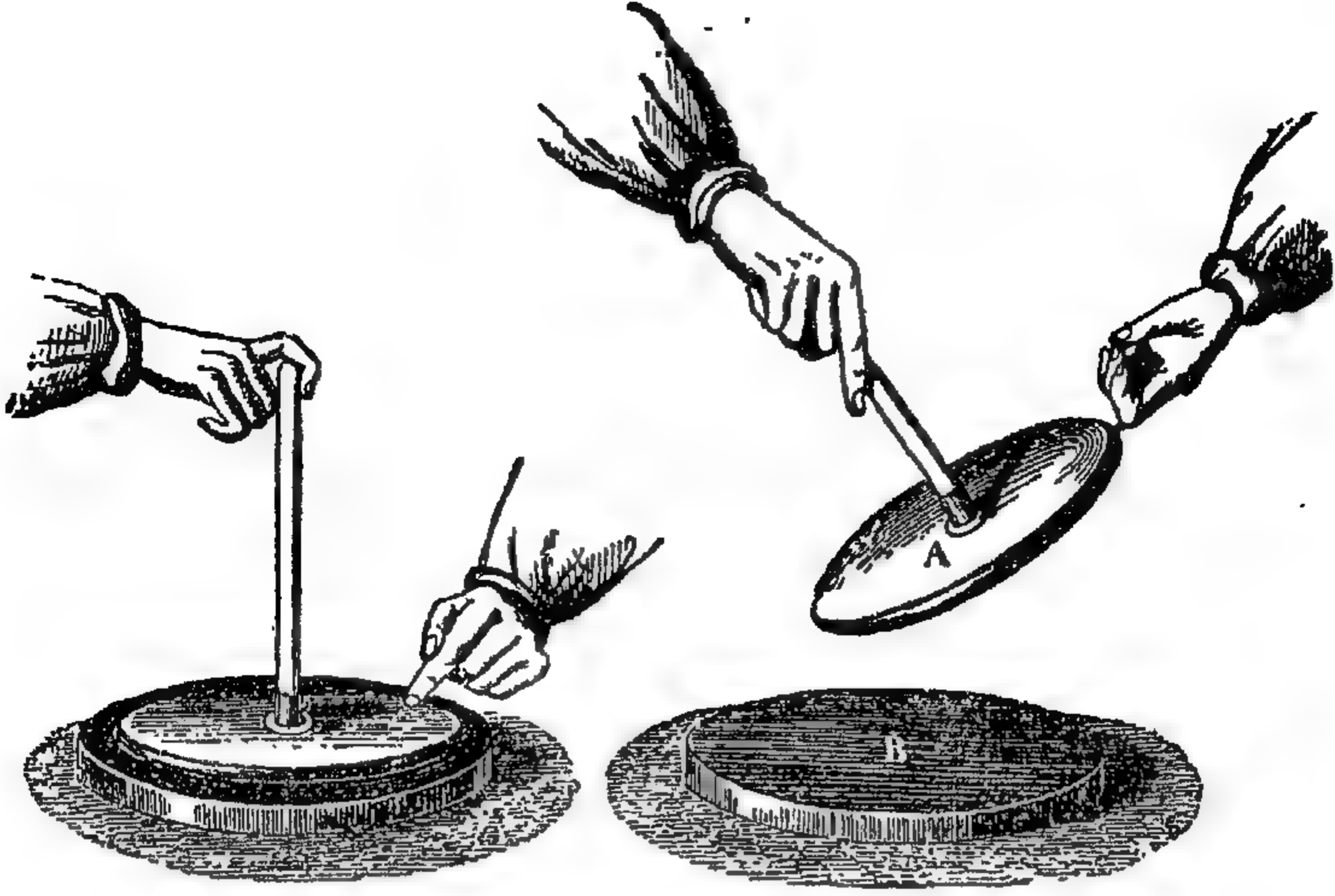
وتبدأ قصة ذلك سنة ١٧٩٠ عند ما شاهد الأستاذ جلفاني الطبيب الإيطالي أول مشاهدة جديّة في هذا الصدد . فقد حدث أن اعتلت صحة زوجته ، فوصف لها أن تأكل أرجل الضفادع . فأجرى الأستاذ تجارب على بعض منها ، ولكنه لم يشرف في بيانه إلى مرض زوجته ، ولا إلى أرجل الضفادع كطعام سائق ينفع المرضى . وكل ما ذكره أنه وضع النصف الخلفي لضفدعة (يريد رجلها الخلفيتين مع قطعة من عظمة ظهرها) فوق نضد عليه آلة كهربية بعيدا عن مستودعها . وحدث أن لمس أحد مساعديه بمشرطه أعصاب الرجلين ، فلاحظ دهشته أن هاتين الرجلين المائتين قد ارتعدتا ارتعاداً عنيفاً . ونسب مساعد آخر حدوث ذلك إلى شرارة خرجت من الآلة الكهربية . ويقول جلفاني في هذا الصدد :

« إن هذا المساعد قد لفت نظري إلى تلك المشاهدة التي أدهشته ، وعلى رغم انشغالي بأمر آخر ذى بال فقد تاقت نفسي توقانا شديداً إلى فحص ذلك واستجلاء أسبابه الخفية . ولذا لمست بمشرطى غير عصب من أعصاب الضفدعة ، وفي الوقت عينه أحدث أحد مساعدي شرارة من الآلة الكهربية فكان التأثير واحداً ، إذ أنه في كل حالة تقلصت بشدة عضلات الرجلين في لحظة حدوث الشرارة ، وكأنما قد أصاب الضفدعة تشنج شديد » .

واقترع جلفاني تمام الإقترناع بأنه استكشف الكهربية الحيوانية . واستخلص من تجارب أجراها أنه متى ما لمس معدنان مختلفان أرجل الضفدعة ارتعدت ، وحاول ذلك مع الحديد والنحاس ، ومع الرصاص والفضة ، وتأكد في النهاية أن الفضة خير موصل للكهربائية الحيوانية ، وتمسك جلفاني برأيه الخاص في الكهربية الحيوانية ، واستمر يدافع عنه حتى أدركته منيته بعد ذلك بثمان سنوات . وكان رأيه هذا هو أن حركة الارتعاد نتيجة لتفريغ كهربائي يحدث خلال الساق المعدنية ، كما يحدث في تفريغ زجاجة ليد ، وذهب إلى أن التفريغ الكهربائي يحدث بين الكهربية الموجبة التي موضعها العصب ، والكهربية السالبة الموجودة على العضلات . وأن الساق المعدنية ما هي إلا موصل ينحصر عمله في توصيل نوعي الكهربية أحدهما بالآخر . ولكن رأيه هذا قد هاجمه إيطالي آخر هو فولتا أستاذ الفيزيكا في جامعة بافيا .

الالكتروفور

وكان فولتا إذ ذاك معروفاً في الأوساط العلمية لاختراعه آلة كهربائية بسيطة تعطي إيراداً مستمراً من الكهرباء . وتتألف هذه الآلة من قرص مصنوع من الراتينج المخلوط بالطورمنتينا والشمع . ويغطي هذا القرص لوح رفيع من القصدير ذو مقبض من الزجاج . فالقرص يُلطَم بجلد الهر أو بخزقة من الصوف ، ثم بعدئذ يوضع الغطاء القصديري على القرص ويلمس بالإصبع ، فتتولد بهسه شرارة صغيرة . وبعد ذلك يرفع الغطاء القصديري من مقبضه ، فيصبح مشحوناً بشحنة كهربائية كبيرة قوية . وبتكرار وضع الغطاء على القرص ، ثم لمسه بالإصبع ، ثم رفعه من مقبضه الزجاجي يمكن الحصول



(شكل ٦٥) الإلكتروليتور أو مولد الكهربية

على أى قدر من الكهربية دون تجديد شحنة القرص بلطمه من جديد . وسميت هذه الآلة الإلكتروليتور أى مولد الكهربية .

وظل فولتا يعارض نظرية جلفانى الخاصة بالكهربائية الحيوانية إلى أن هدم النظرية من أساسها بعد سلسلة بحوث وتجارب طويلة ناجحة . فمن تجاربه تلك التى بين بها أن الكهرباء التى كشفها جلفانى وسماها كهربية حيوانية تحدث آثاراً أخرى غير الارتعاد . فقد أخذ ساقاً منثنية نصفها من معدن ونصفها الآخر من معدن آخر ، ثم وضع أحد طرفيها فى الفم ، ولمس بالطرف الآخر الجفن الأعلى للعين . فلما تم التلامس أحس باحساس بصرى غريب . ومن تجاربه أنه أخذ قرصين صغيرين فى حجم قطع النقود ، أحدهما من الرصاص والآخر من الفضة ، ووضع أحدهما فوق اللسان والآخر من تحته ، ثم وصل القرصين معاً فشعر بشيء من الحامض فى فمه يزول إذا ما انفصل القرصان . وأمكنه الحصول على طعمين مختلفين من الحامض عند ما غير موضع القرصين بالنسبة للسان . ولاحظ أن شعوره بهذا الطعم ينعدم لو استعمل قرصين من معدن واحد ، فاستنتج أن التأثير الذى لاحظته جلفانى لا يرجع فى الحقيقة إلى وجود كهربية حيوانية بل إلى تلامس قطعتين من معدنين مختلفين . وما كانت أرجل الضفدعة فى تجربة جلفانى إلا كما كان اللسان فى تجربته ، أى مجرد موصل للكهربائية التى توجد بمجرد تلامس المعدنين .

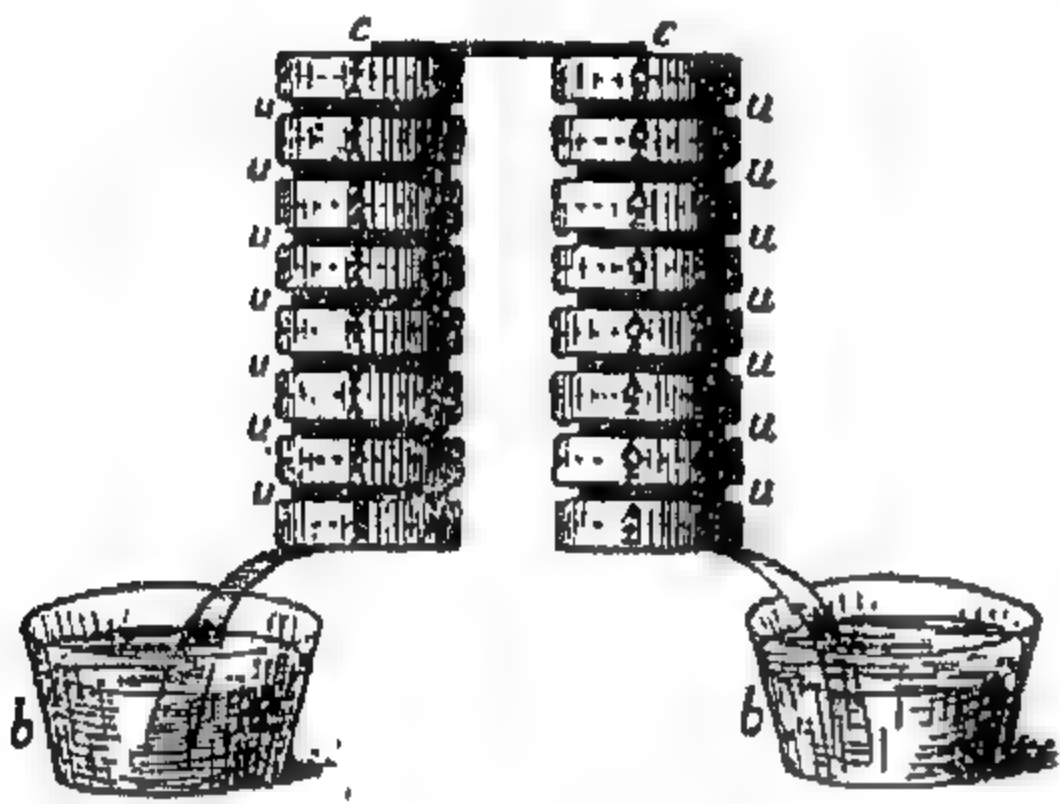
الكهربائية بالتلامس

وأجرى فولتا تجارب على عدد كبير من المعادن المختلفة ، وأثبت أن حدوث الكهرباء بالتلامس يمكن إثباته بآلة قائسة من الآلات التي تسمى كشافات كهربائية اخترعها هو وبذل مجهوداً كبيراً في جعلها دقيقة كبيرة الحساسية . ووجد أن المعادن تختلف في هذا الصدد اختلافاً بيناً ، إذ يعطى بعضها كثيراً من الكهرباء ، ويعطى بعضها القليل منها ، وقد وجد أن الخارصين والنحاس معاً خير الفلزات كلها في توليد الكهرباء . وقد وجد أن الخارصين بعد ملامسته النحاس يتكهرب بنوع كهربائية الزجاج المدلوك بالحرير ، ووجد أن النحاس بعد التلامس يتكهرب بنوع كهربائية الشمع أو الراتينج بعد دلكهما بالصوف أو بجلد الهر . وسميت الكهرباء الأولى زجاجية والثانية راتينجية . ويتجاذب نوعا الكهرباء هذان ، وإذا سمح لهما بالاتحاد اندفعا معاً وكونا شرارة ثم اختفيا بتاتاً ، فكأنما يمحو الواحد منهما الآخر . وإذا نحن تتبعنا مصطلحات الحساب والجبر أمكن أن نسمى نوعي الكهرباء هذين : الموجب والسالب . وكان فرنكلين يظن أن الكهرباء الموجبة هي السيل الكهربائي الحقيقي ، وأن السالبة إنما هي فقدان هذا السيل . ولكن ذلك لم يكن إلا مجرد حدس منه ، إذ أنه قد كان له أن يحدس العكس أيضاً . ولو أنه فعل لكان أقرب إلى الصواب . وعلى كل حال فالواقع أنه لم تكن تعرف في ذلك الوقت طريقة لمعرفة السيل الكهربائي الحقيقي ، ولا لمعرفة عدد السيلالات الكهربائية الممكنة . غير أن فولتا كان واثقاً من وجود الكهرباء الزجاجية والراتينجية ، أما جلفاني فقد قال عدا ذلك بوجود سيل ثالث سماه الكهرباء الحيوانية .

عمود فولتا

واستطاع فولتا بعد كثير من التجارب أن يرتب المعادن الشهيرة في صفوف بحيث إذا لامس معدن منها آخر يليه في الترتيب تكهرب الأول بكهربائية موجبة ، والثاني بكهربائية سالبة . وكانت هذه السلسلة مرتبة كما يأتي : الخارصين فالرصاص فالقصدير

فالحديد فالنحاس فالفضة فالذهب . ووجد أن الخارصين لا يمكن أن يتكهرب بالتلامس كهربائية سالبة ، وأن الذهب لا يمكن أن يتكهرب كهربائية موجبة . وكلما تباعد المعدنان المتماسان في جدول الترتيب اشتد التكهرب . وعلى ذلك فأشدد تكهرب يحدث بتلامس الخارصين والذهب . ورأى أيضاً أنه إذا وضع أقراصاً من معادن مختلفة بعضها فوق الآخر فإنه يحصل على أكبر أثر كهربى ، ولكنه وجد أن الأثر يبقى كما هو ، أى كما لو تلامس كلاهما رأساً من غير أن تتوسط بينهما الأقراص الأخرى . ولكن إذا رتبنا هذه الأقراص أزواجاً كل زوجين منهما يتلامسان ، وكان أحدهما من النحاس مثلاً والآخر من الخارصين



(شكل ٦٦) عمود فولتا

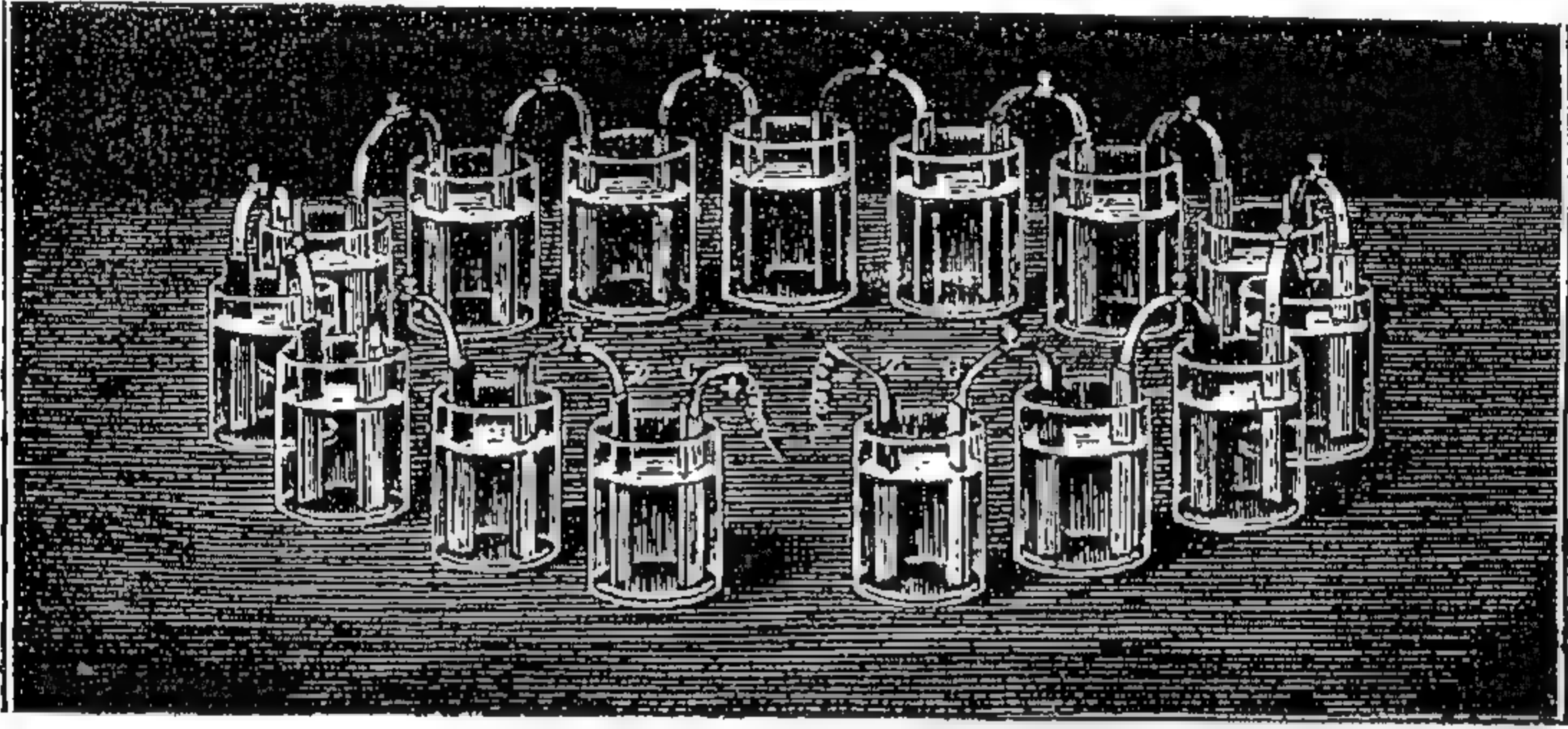
ثم وضعت هذه الأزواج بعضها فوق الآخر بنظام واحد وبحيث يفصل بين كل اثنين منها ورق مقوى أو جلد أو نسيج مندى بماء أو بحامض الكبريتيك المخفف ، فإن الأثر الكهربائى يكون شديداً ، تزيد شدته كلما زاد عدد الأزواج . وفعلنا ثبت أربعة قضبان

من الزجاج في وضع رأسى ، وجاء بعدد من أقراص الخارصين والنحاس والورق المندى بالماء المالح ، ثم وضع قرصاً من النحاس في القرار بين القضبان الزجاجية الأربعة . وفوق هذا وضع قرصاً من الخارصين فقطعة من الورق المقوى المندى ، ثم لوحاً من النحاس فلوحاً من الخارصين فقطعة أخرى من الورق ، وهكذا إلى أن تكون لديه عمود كبير من تلك الأقراص المزدوجة ، وهذا العمود هو الذى يعرف منذ ذلك الوقت إلى يومنا باسم عمود فولتا . ولما تم له استكشاف هذا العمود أرسل سنة ١٨٠٠ خطاباً إلى رئيس الجمعية الملكية بلندن ضمنه شرحاً مستفيضاً له نشر في مجلة تلك الجمعية ، وذاع أمره سريعاً في إنجلترا وغيرها من ممالك أوروبا .

العمود البسيط والتبار

على أن الشرارة التى حصل عليها فولتا من عموده هذا لما وصل بسلك أعلاه بأسفله

كانت صغيرة ، ورأى أن يسميه « العضو الكهر بائي الصناعى » لكي يلفت النظر إلى المشابهة بينه وبين العضو الكهر بائي فى السمك الرعاد . وما كان هذا العمود ليعمر طويلا فهاؤه إما أن يجف ، وإما أن يسيل من الجوانب إذا كان كثيراً ، وبذلك لا يتم التماس بين المعدنين المختلفين . فاخترع لهذا جهازاً آخر سماه « تاج الكؤوس » ، ويتركب من سلسلة كؤوس تحتوى على الماء المالح أو على حامض الكبريتيك المخفف ، وقد غمرت فى سائل كل كأس قطعتان ، إحداها من النحاس والأخرى من الخارصين ، ووصلت الكؤوس على التوالي ، أى وصلت قطعة الخارصين فى إحداها بقطعة النحاس فى الكأس



(شكل ٦٧) تاج الكؤوس

المجاورة . وبذلك يمكن أن يحدث فى قطعة النحاس فى الكأس الأولى وقطعة الخارصين فى الكأس الأخيرة تلامس فتسكهرب قد يؤدي إلى حدوث شرر صغير إذا ما تقاربت القطعتان . وذلك هو العمود البسيط الذى كان فولتا أول من اخترعه وأول من استطاع أن يجهز بطارية كهربائية بتجهيز عدة أعمدة بسيطة ثم توصيلها على التوالي .

تحليل الماء بالتيار وكشف بعض العناصر

ولم يكن مجرد حدوث الشرارة الكهربية من العمود أو من تاج الكؤوس يكفى لإثبات أن هذه الكهربية هى نفس الكهربية التى تحدثها الآلة الكهربية ، ولكن ذلك الشك لم يدم طويلا . ففي سنة ١٧٨٩ استخدمت زجاجة ليد فى تحليل الماء إلى الغازين المكونين له وهما الإيدروجين والأكسجين ، وذلك بجعل الشرارة تسرى خلال

الماء جملة مرات . وقد وجد أن هذا التحليل يتم بفعل التيار الكهربائي الحادث من عمود فولتا ، ومن الغريب أن ذلك قد جاء مصادفة . فإن رجلاً يدعى وليم نيكلسن صنع عموداً كعمود فولتا يتركب من أقراص الخارصين والفضة ، ووصل طرفيه بسلك . ولكي يتأكد من دقة التماس وضع على القرص نقطة ماء عند تلامس السلك به . فلاحظ ظهور فقاعات صغيرة جداً في نقطة الماء ، وعلى الرغم من أن مقدار الغاز المتصاعد كان صغيراً جداً فقد خيل إليه أنه يشبه غاز الإيدروجين . فأجرى من فوره تجربة أخرى وصل فيها سلكين نحاسيين أحدهما بأعلى العمود والثاني بأسفله ، ثم غمرهما في الماء فشاهد تصاعد فقاعات من الغاز على السلكين . ولما اختبر الغازين المتصاعدين وجد أحدهما إيدورجيناً والثاني أكسيجيناً . وكانت بحوث كفنشدش وغيره قد دلت من قبل على أن الماء مركب من هذين العنصرين . فدلّت هذه التجربة على أن الماء ينحل بالكهربائية فملاً ، وكان ذلك أولى الخدم التي أداها التيار الكهربائي لعلم الكيمياء .

وتتبع العلماء دراسة هذا الموضوع ، وأفضى البحث سنة ١٨٠٧ بالعالم ديفي إلى كشفه أن الصودا والبوتاسا ليسا عنصرين بل هما مركبان يمكن تحليلهما بالكهربائية . ومن ثم حصل على عنصرى الصوديوم والبوتاسيوم ، ووفق إلى كثير من الكشوف .

واستطاع ديفي بعد ذلك أن يحصل على بطارية قوية تحتوى على ألفى زوج من الأزواج المعدنية ، فأمكنه متابعة بحوثه الكيماوية بالكهربائية ، وحصل بوساطتها على ضوء شديد يخطف الأبصار مما سنفصله في حينه عند الكلام على الضوء الكهربائي .

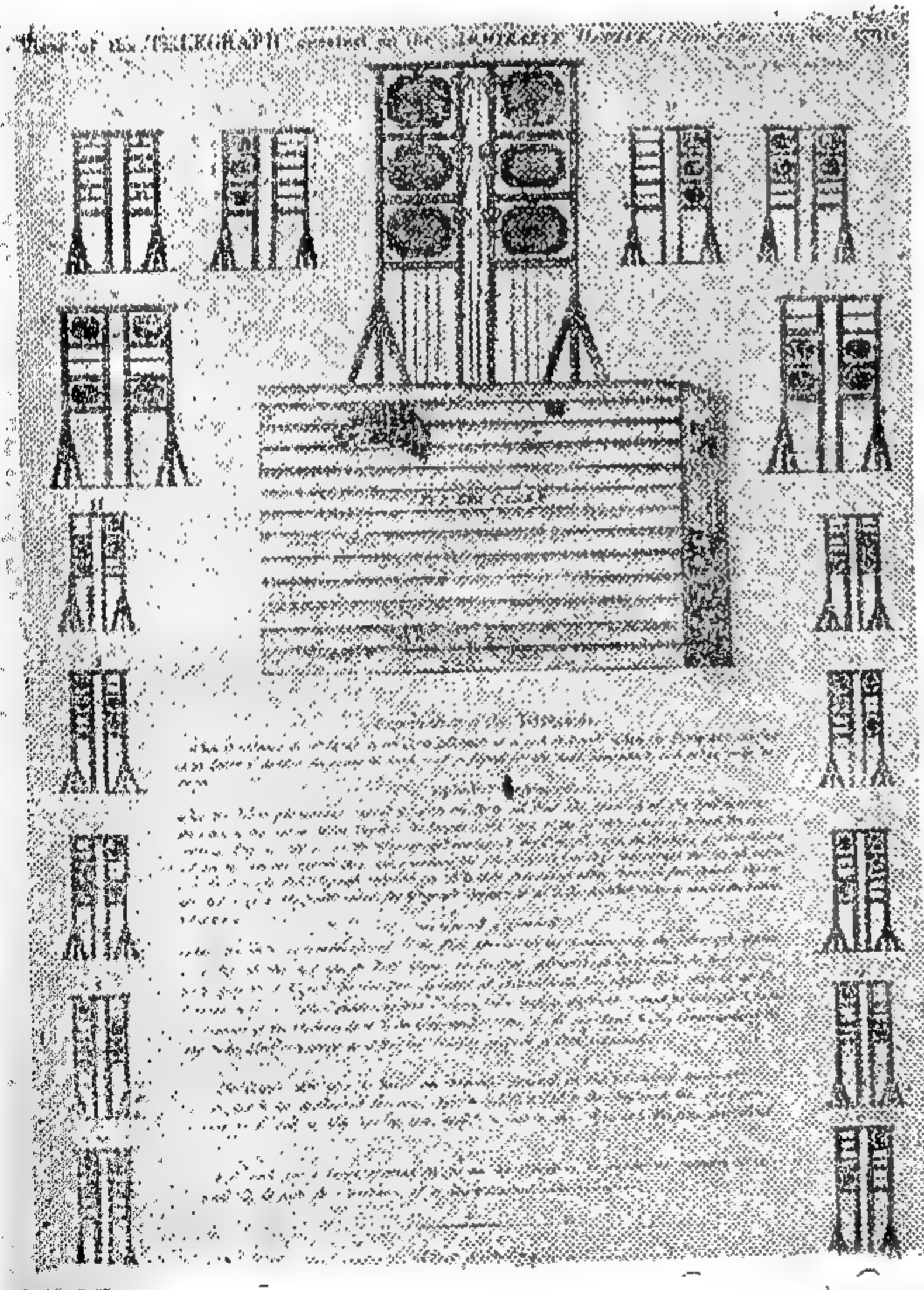
الفصل الثالث عشر

التلغراف

حينما يتجاذب إثنان أطراف الحديث فإنهما يسلكان في ذلك طريقاً واحداً من اثنين ، وكلا الطريقين معقد غاية التعقيد في الواقع . فبالفم واللسان والحلقوم يغير المتكلم تيار الهواء الصادر من الرئتين ، محدثاً فيه اهتزازات متنوعة ، ثم تنتقل هذه الاهتزازات إلى الهواء الخارجي الذي يحملها إلى أذن المستمع . وذاك هو الكلام . وتبدو من المتكلمين إشارات وحركات تراها العين ، فهم يحركون شفاههم وجفونهم وحواجبهم ، ويحركون أيديهم أحياناً ، فتكسب كل حركة من هذه كلامهم صبغة أو قوة خاصة ، وتحدث هذه الحركات أثراً في موجات الضوء السارية هنا وهناك بين المتكلم والمستمع ، بل في جميع الجهات . وبهذه الكيفية تساعد العين اللسان والأذن ، أو بعبارة أخرى تساعد الرؤية الكلام . فإذا ما تباعد شخصان ورغبا في الكلام فإنهما يصيحان . وكلما طالت المسافة بينهما خفت الصوت شيئاً فشيئاً حتى ينعدم ، ولا يبقى لهما من سبيل إلى التخاطب المباشر إلا الرؤية فقط . ولذا فهما يشيران بأيديهما أو يحركان المناديل أو الرايات المثبتة في المعى . فإذا ما بلغت المسافة أميالاً أخفقت هذه الطريقة أيضاً وأصبح التخاطب بين الاثنين عسيراً جداً . وكان الناس في القديم يتغلبون على بعد المسافة بإيقاد نيران كبيرة ترى في الظلام ليلاً على بعد عشرة أميالاً أو عشرين ميلاً ، ويرى دخانها نهراً وهي على ذلك البعد . ولا تزال بعض القبائل الهمجية تستعمل هذه الطريقة إلى يومنا تنقل بها الأخبار وتلقاها . أما اليوم فإننا صرنا نستعمل التلغراف والتلفون الكهربيين السلكيين واللاسلكيين ، لجميع الأغراض التي من هذا القبيل . وقصة اختراع هذه المخترعات شائقة ممتعة ، وسنقتصر في الحديث هنا على التلغراف الكهربي السلكي ، مرجئين الحديث في غيره إلى الفصول القادمة .

التلغراف البصرى

على أن التلغراف الذى سبق هذا التلغراف الكهر بائى هو التلغراف البصرى ، الذى اخترعه هوك أحد معاصرى نيوتن من العلماء العالميين . واستعمل هذا التلغراف البصرى لأول مره إبان الثورة الفرنسية . فى سنة ١٧٩٢ كانت فرنسا كلها مجهزة بشبكة أو مجموعة من عمد الإشارات (السيفورات) . وتتألف هذه المجموعة من جملة أبراج أقيمت فى أعلاها عمد (سيفورات) قريبة الشبه جداً (بسيفورات) السكة الحديدية فى أيامنا الحاضرة . وبهذه المجموعة كان يمكن إرسال رسالة من باريس إلى حدود فرنسا وأطرافها كلها فى بضع ساعات . ولما استعرت الحرب الفرنسية النمساوية سنة ١٨٠٩ ، استعان بها نابليون الكبير ، وهاجم النمساويين على غرة ، إذ لم يمهلم حتى يأخذوا العدة للقائه ونزاله .



(شكل ٦٨) التلغراف البصرى

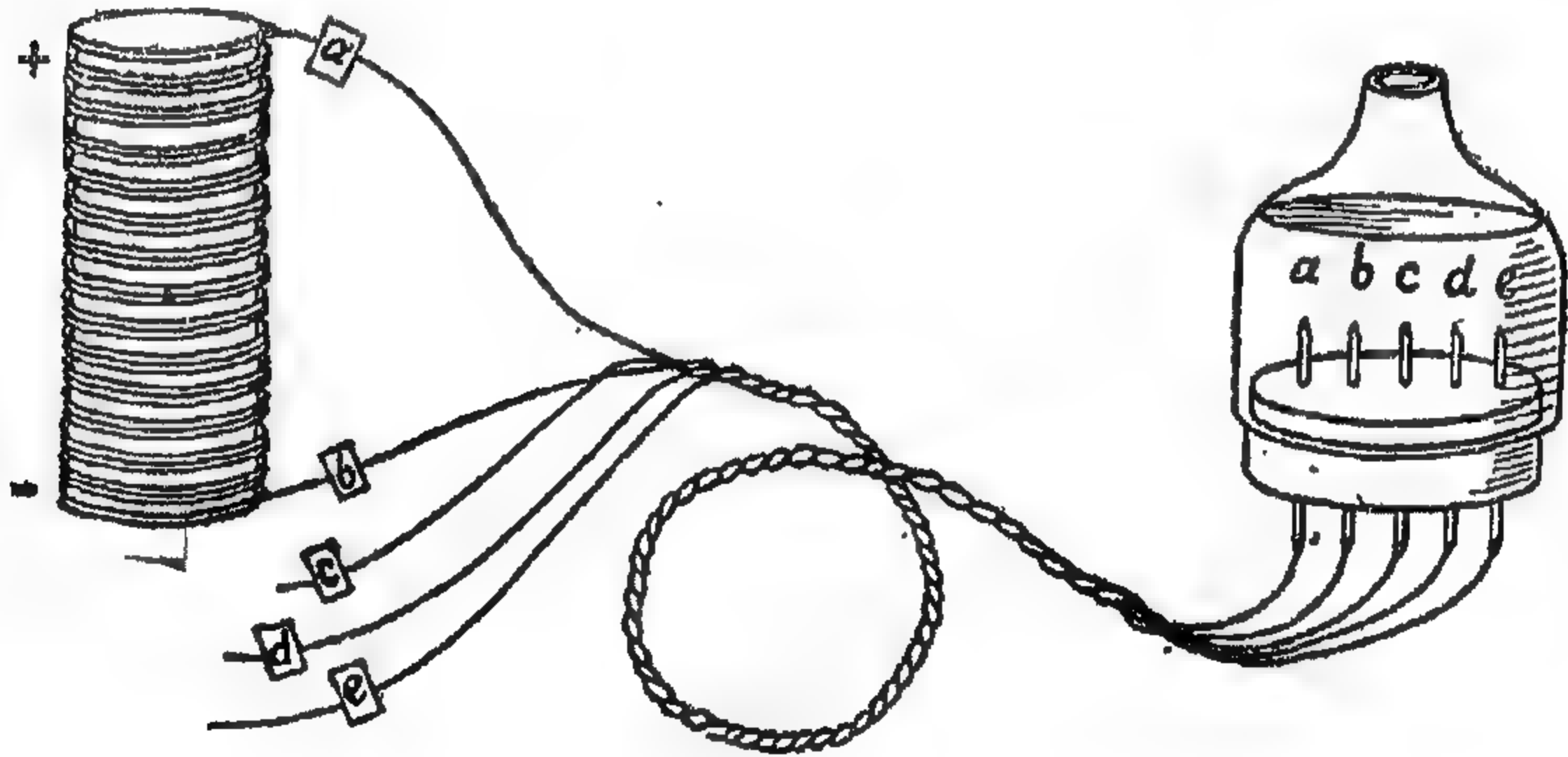
وكان النمساويون متحالفين مع البافاريين الذين قاسوا كثيراً من الولايات فى حروبهم مع نابليون ، فأهابت الحكومة البافارية بعلماء ألمانيا أن يبتكروا نظاماً للتلغراف يفوق ذلك الذى استعمله نابليون ونجح فى استعماله نجاحاً عظيماً . فتقدم أحد علماء بلدة ميونخ ، وهو الأستاذ سومرنج ، بعد إعلان الحكومة البافارية رغبتها هذه بأربعة أيام فقط قضاها فى البحث والتنقيب ، بأول تلغراف كهر بائى قصره على الحروف الأبجدية الخمسة

الأولى ا، ب، ح، د، هـ، a, b, c, d, e ، حتى إذا ما نجحت تجربته ضمنه الحروف الهجائية كلها . وكان جهازه غاية في البساطة فضلاً عن دقته وإحكامه المتناهيين .

أول تلغراف كهربائي

وهو يتألف من عمود فولتي مكون من خمسة عشر زوجاً من ألواح معدنية ، لوح من الفضة وآخر من الحديد ، تفصلها بعضها عن بعض طبقات من اللباد المنقوع في الماء المالح . وكان هذا العمود مصدر الكهرباء المطلوبة .

ففي محطة الاستقبال ، وهي المحطة التي ترسل إليها الإشارة ، يوضع خزان ماء صغير تسده من أسفله قطعة فلين ، وينفذ من قطعة الفلين هذه خمسة أسلاك تنتهي أطرافها كلها إلى ماء يعلو الفلين ويملاً ذلك الخزان . وهذه الأسلاك الخمسة طويلة وتغطيها طبقة عازلة ، حتى إذا ما لفت معاً مكونة حبلاً واحداً لا يحدث بينها اتصال أو تماس فلا تسري الكهرباء . وتمتد مجموعة الأسلاك الملفوفة هذه ما بين محطتي الإرسال والاستقبال .



(شكل ٦٩) التلغراف الأول الذي اخترعه سومنج

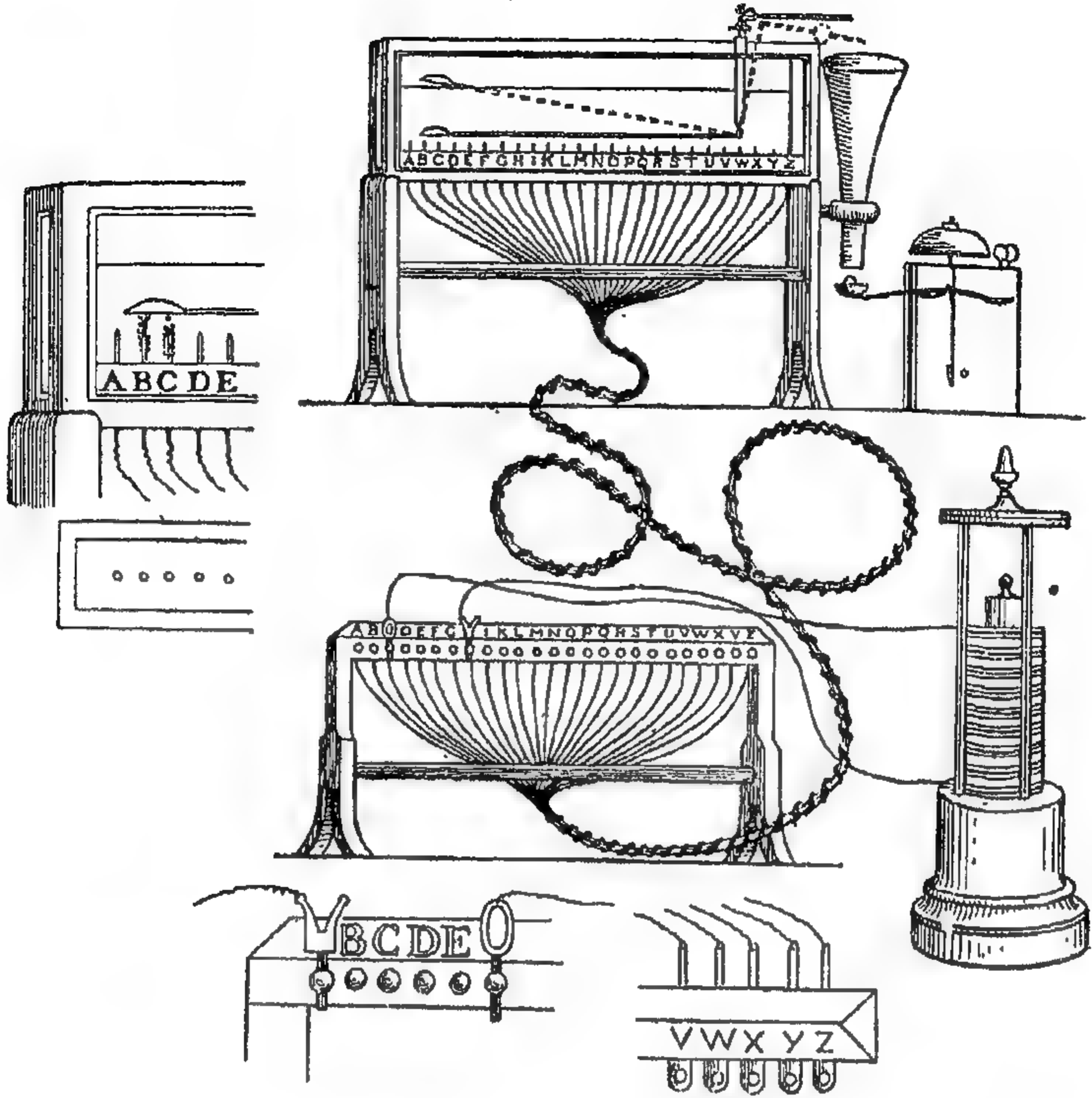
وفي محطة الإرسال يفرض عقد هذه الأسلاك الملفوفة ، وتوضع عند نهاياتها العلامات ا، ب، ح، د، هـ . وتعطى قمة العمود الفولتي الموجود في محطة الإرسال كهربائية موجبة ، ويعطى أسفله كهربائية سالبة . والآن هب أن السلك الذي حرفه ا قد مس أعلى العمود ، ومس السلك الذي حرفه ب أسفل العمود ، فإن تياراً كهربائياً يسرى خلال هذا الحبل الملفوف عن طريق هذين السلكين والماء الذي بينهما ، إذ تتم بذلك الدائرة

الكهربائية ، ومن ثم ينحل الماء إلى إيدروجين وأكسيجين ، وتظهر فقائيع الإيدروجين عند مدخل السلك ب في الماء . ويرى ذلك العامل المشرف على الجهاز في محطة الاستقبال فيدرك أن زميله في محطة الإرسال يبرق له بالحرف ب .

وإذن فمتى أراد العامل في محطة الإرسال أن يبرق بأي حرف ، فكل ما يصنعه هو أن يحییء بالسلك المقابل لهذا الحرف ويلمس به أسفل العمود ، وأن يصل بأعلاه أى سلك آخر حتى يتم تكوين الدائرة الكهربائية . وجرت العادة أن يكون السلك الذى يمس أعلى العمود السلك الذى حرفه هو الحرف التالى مباشرة فى الرسالة ، وبذلك يمكن الإبراق بحرفين معاً ، ويتكون على سلك هذا الحرف قليل من الأكسيجين كما هو معروف .

ولكن هذا الجهاز لا يستطيع أن يرسل أكثر من خمسة حروف مختلفة . فإلى
يمكن هذا الجهاز من أن يبعث برسالة كاملة كان من الضرورى أن يكون عدد الأسلاك
كعدد الحروف الهجائية ، ثم تلف هذه الأسلاك كلها بالطريقة السابقة فتكون حبالاً
واحداً ، وتثبت أطرافها عند محطة الإرسال فى إطار بوساطة مسامير ذات رؤوس مثقوبة .
ويظل سلك متصل بأعلى العمود الفولتى وآخر بأسفله . وينتهى هذان السلكان
بمفتاحين صغيرين يمكن إدخالهما فى ثقب المسامير ، فيستطيع المرسل بسهولة أن يضع
يده على أى حرفين يريد الإبراق بهما . وفى محطة الاستقبال تنفذ أطراف الأسلاك من
قرار الإناء المحتوى على الماء بعد أن توضع عليها الحروف الهجائية المقابلة . ثم يشغل
التلغراف على هذا الأساس كما يشغل الجهاز الصغير المشتمل على خمسة حروف فقط .

وقد ابتكر مخترع هذا الجهاز زيادة على هذه الحروف نظاماً ميكانيكياً به
يمكن أن يدق جرس ليلفت نظر العامل الموجود فى محطة الاستقبال . وهذا الجهاز متقن
محكم غاية الإحكام . وهو يتألف من رافعة تتصل بها ملعقة تنغمر فى الماء هذه الملعقة
فوق سلكين من أسلاك هذا التلغراف مباشرة وهى فى وضع مقلوب ، أى يكون تجويفها
متجهاً إلى أسفل . فعندما يسرى التيار خلال هذين السلكين يتجمع فى الملعقة
الإيدروجين والأكسيجين المتصاعدان فيرفعانهما . و برفعها تنزلق كرة صغيرة خلال قمع ،



(شكل ٧٠) تلغراف سومرنج الكامل

ومنه إلى كفة صغيرة متصلة برافعة تنتهي بساعة دقاقة . ويكفي نزول الكرة لجعل هذه الساعة تدق دقاً متواصلاً فيتنبه عامل محطة الاستقبال . وعند ما ينتهي العامل من تسلم الرسالة يعيد الكرة إلى مكانها الأصلي ويملاً زنبرك الساعة الدقاقة ويعيد رافعة الجرس كما كانت لتؤدي عملها من جديد متى احتيج إلى استخدامها .

ولم يمض زمن طويل على ظهور هذا الاختراع البافاري حتى سمع به نابليون فقد أخبره به أحد ضباطه ، وأطلعاه على تفصيلاته . وأصغى نابليون إلى شرحه ، ثم أشاح عنه معرضاً كأنما هو أمر لا يستحق الاهتمام وقال « إن ذلك لا يعدو أن يكون مجرد فكرة ألمانية » . وخيل إليه أنه من المستحيل أن تمد أسلاك في مملكة بأسرها ، وأن تصان هذه الأسلاك فلا يصيبها تلف ، وفضل الاكتفاء بتلغرافه البصري الذي أدى له عظيم الخدم ، قانعاً به دون التلغراف الكهربائي .

التأثير المغناطيسى للتيار

ولم يستخدم التلغراف الكهربائى استخداماً حقيقياً إلا بعد أن تدخلت الإبرة المغناطيسية فكانت مرشداً ودليلاً . ذلك أنه بعد مضى عشرين سنة على ظهور أول جهاز تلغرافى توصل كهربائى دانمركى ، هو العالم هانز كريستيان أرسند أستاذ الفاسفة الطبيعية بجامعة كوبنهاجن إلى كشف مهم جداً كان له أثر عظيم فى علم الكهر بائية . فقد خطر له « أن يوصل قطبى بطارية بسلك ويختبر هل كان لهذا السلك تأثير فى إبرة ممغطة إذا قرب منها ، فأجرى تجربة أول مرة جعل السلك فيها أفقياً ومن تحته الإبرة الممغطة وكان اتجاه السلك عمودياً عليها فلم يشاهد تأثيراً ما فيها ، ولكنه رأى ذات يوم وكان بين يديه بطارية قوية استخدمها فى بعض التجارب فى محاضرة ألقاها أن يجرى تجربته الأولى مرة أخرى ، ويجعل السلك موازياً للإبرة لا عمودياً عليها ، فما كان أشد دهشته إذ رأى الإبرة قد انحرفت عن موضعها ، ثم استقرت فى اتجاه كاد يكون عمودياً على اتجاه السلك ، فخطر له أن يعكس التيار الكهربائى فى السلك ، ولما تم له ذلك شاهد أن الإبرة قد انحرفت إلى الجهة المضادة لانحرافها الأول .

« ثم درس أرسند ما يحدث عند مد السلك تحت الإبرة ، وكذلك أجرى تجارب بين بها أن التيار الكهربائى فى الإبرة لا يبطله وجود لوح من الزجاج أو الخشب أو صفيحة من المعدن أو طبقة من الماء أو الراتينج بينهما ، وأدرك أن تأثير التيار يمتد فى المكان الذى يحيط به . واستنبط من استقرار الإبرة فى الاتجاه العمودى على السلك أن التأثير عرضى بالنسبة إلى السلك لا طولى ، واستنبط من تضاد الانحراف عند نقل الإبرة من فوق السلك إلى تحته وبالعكس أن هذا التأثير يحيط بالسلك ، وإذن فهو لم يكشف تأثير التيار الكهربائى فى الإبرة الممغطة فحسب ، بل أدرك أيضاً وجود ما يعبر عنه بالمجال المغناطيسى للتيار الكهربائى ، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن . »

التلغراف المغناطيسى

أثر هذا الكشف العظيم كل التأثير فى العالم العلمى ، واقترح كثيرون من رجال

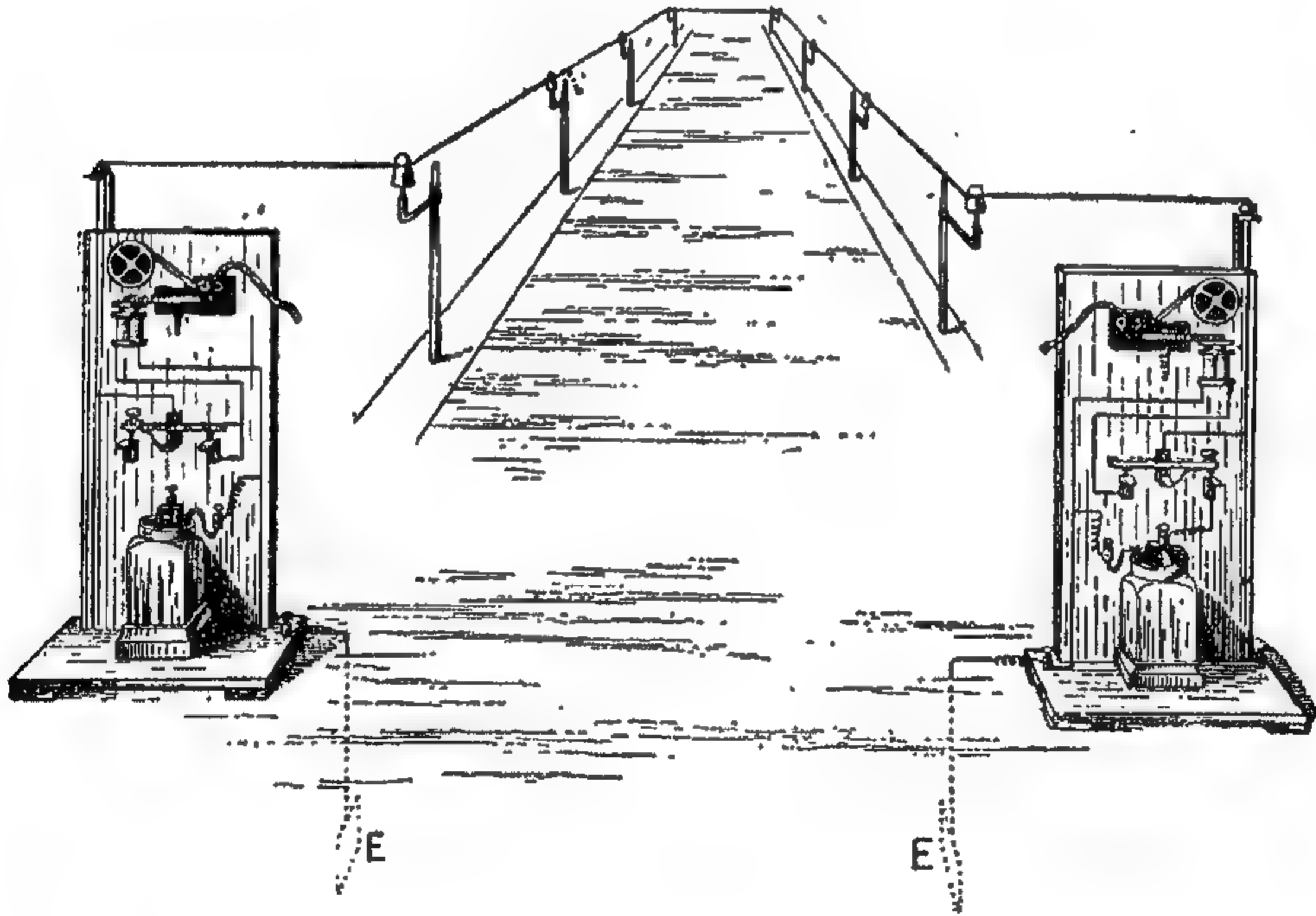
العلماء العلميين أن يستخدموه في التلغراف ، ولكنهم لم يصلوا إلى اختراع أول تلغراف مبنى على هذا الأساس إلا سنة ١٨٣٣ ، فقد أنشأ في هيدلبرج عالمان هما جاوس وفير تلغرافاً من هذا النوع بين المرصد وقسم « الطبيعة » في الجامعة ، وكان طول السلك الممتد حوالى ميلين ، وأحدثا في محطة الاستقبال في الإبرة المغناطيسية انحرافاً إلى اليمين وإلى الشمال . ثم أدخل بعد ذلك طالب صغير على هذا الجهاز تعديلاً بأن وصل بآبرتين مغناطيسيتين قلمين يدونان نقطاً على شريط من الورق يتحرك من تحتها واستطاع هذا الطالب باستخدامه نوعين مختلفين من الحبر أن يحصل على مجموعات مختلفة من النقط المختلفة اللون لكل حرف من الحروف الأبجدية . فإذا ما دلت جملة نقط على رسالة أمكن بسهولة فك رموزها ومعرفة مضمونها .

ولم يكن التيار الذى استخدم في هذه التجارب تياراً مستمراً مطرداً من عمود فولتا أو من بطارية كهربائية ، ولكنه كان تياراً يقال له التيار التأثيرى . وقد استكشف هذا التيار التأثيرى سنة ١٨٣١ عالم انجليزى كبير هو العالم ميخائيل فرداى . فقد وجد أنه إذا وضع سلكين متجاورين ثم مرر بأحدهما تياراً فإن تياراً آخر وقتياً يسرى فى الآخر فى اتجاه مضاد للأول على شريطة أن يكون السلك الثانى هذا مكوناً دائرة مغلقة لا خالص الطرفين . ووجد أيضاً أن التيار التأثيرى يحدث بوساطة مغناطيس كبير . وكل ما تحتاج إليه أن تجيء بملف من السلك ثم تدخل فيه المغناطيس بسرعة أو تخرجه منه بسرعة . وكلما كانت حركة الادخال والإخراج سريعة كان التيار الحادث أقوى . وقد كان هذا الكشف بداية عهد الهندسة الكهربية مما سنفصله عند الكلام على فرداى وكشوفه .

فهذه الطريقة إذن يمكن إحداث تيار دون استخدام أعمدة أو بطاريات أو أى مواد كيميائية . وقد وجد أن هذا النوع من التيارات الكهربية ذات أهمية فى عمل التلغراف ، وخصوصاً لأن المغناطيس معد دائماً للعمل فى حين أن البطاريات أو الأعمدة الكهربية عرضة للاجهاد فالتلف . على أن البطارية الكهربية قد استخدمت بعد فى التلغراف الحديث وظلت إلى يومنا تستعمل فيه ، ولكن بعد أن دخلها من التعديل والتحويل ما جعلها ملائمة وافية بالغرض .

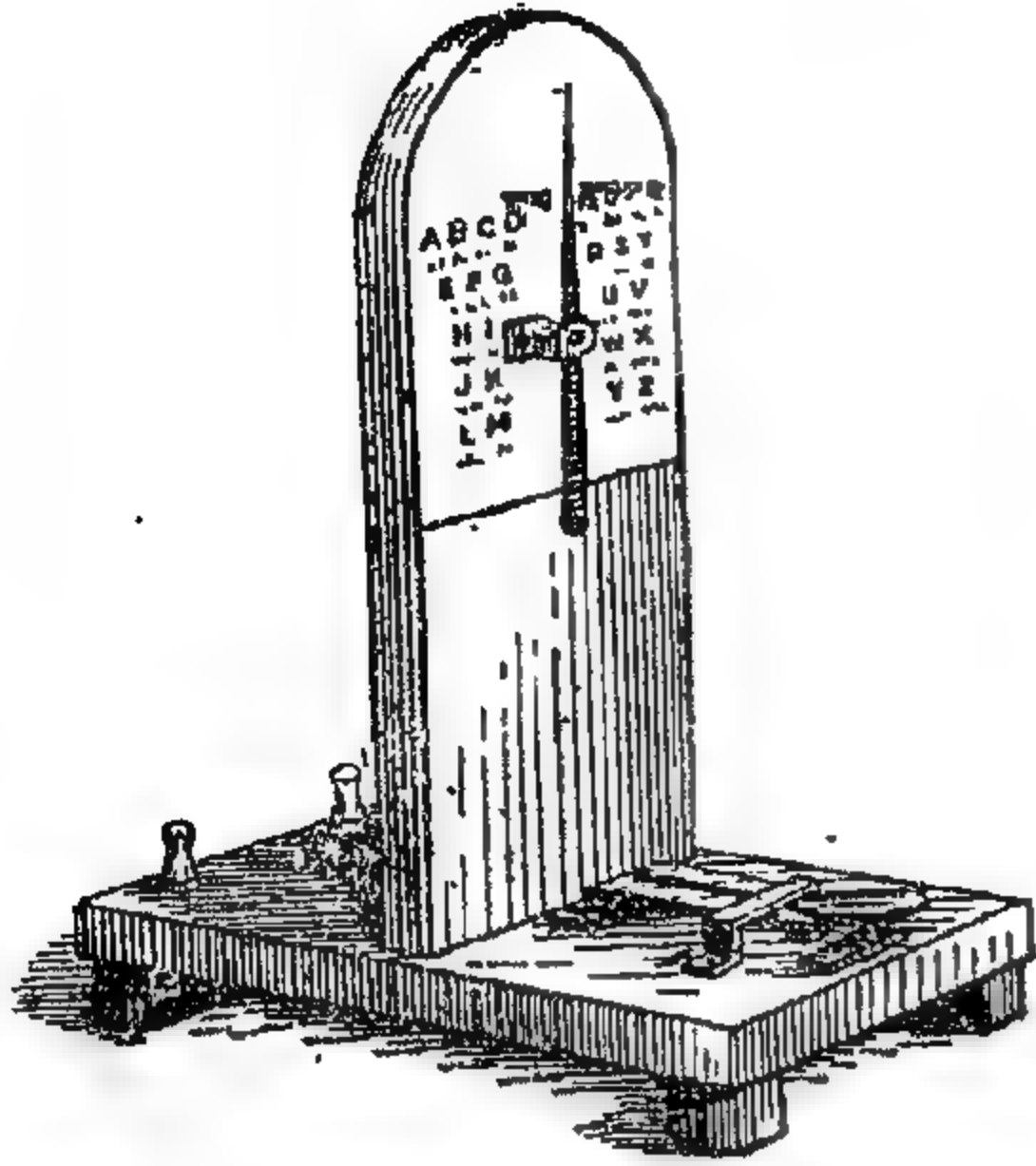
تلفراف مورس

ثم جاء المخترع الأمريكي مورس الذي اخترع في سنة ١٨٣٥ جهازاً لتلقى الإشارة (هو المستقبل) يتركب من مغناطيس كهربائي إذا مر التيار في ملفاته انجذبت إلى قطبيه. حافظة من الحديد ودونت من جراء ذلك علامات مختلفة على شريط من الورق يتحرك بواسطة آلية ، فإذا كانت مدة دوام التيار الكهربائي وجيزة حدثت نقطة ، وإذا كانت طويلة حدثت شرطة ، وجعل من هذه النقط والشرط رموزاً لحروف الهجاء وغيرها . ولم يمس على هذا الاختراع بضع سنين حتى تحسن وأصلح وعم استعماله . ثم اخترعت بعد ذلك الطرق التي بها يمكن إرسال إشارة واستقبال أخرى عن طريق سلك واحد في وقت واحد وكذلك الطرق التي يمكن بها إرسال إشارتين على سلك واحد في وقت واحد ، ثم الجمع بين ذلك مما لا محل للإفاضة فيه هنا .



(شكل ٧١) تلفراف مورس وفيه المرسل والمستقبل
والآلة المدونة والعمد حاملة الأسلاك

أما في الأعمال التي لا يحتاج فيها إلى تدوين الإشارة التلغرافية ، فيستعمل تلفراف آخر هو التلفراف ذو الإبرة . وفيه تتبع طريقة مورس أيضاً ، لأن الإبرة تتحرك إلى اليمين



(شكل ٧٢) التلغراف ذو الإبرة

في حالة النقطة ، وإلى الشمال في حالة الشرطة .
وأصبح عمال التلغراف بعد قضائهم مدة التمرين
يفهمون الرسالة بمجرد إصغائهم إلى صوت
الإبرة . ولكن هذه الإبرة قد صارت اليوم
كما قلنا مغناطيساً كهربائياً قوياً ، إذا ما سرى
فيه التيار جذب إليه قطعة حديد فيحدث من
التصادم صوت ، ويفهم عامل التلغراف الرسالة
بمجرد سماعه الضربات . وهذا الجهاز هو الذي
يسمى المستقبل .

التلغراف البحري

« ولما أخذ العمل في تطبيق التلغراف يثمر ثمرته المرغوبة ، رؤى أن الاكتفاء بأن
تكون الأسلاك التلغرافية منصوبة في الهواء يجعل الفائدة منه محدودة ، ولم يكن ثمة مانع
يحول دون مد الأسلاك البحرية متى كانت معزولة عزلاً جيداً . وفعلاً أجريت بعض
التجارب في هذا الموضوع سنة ١٨٣٧ . ولما آتت نتائج مرضية في المسافات القصيرة نوعاً
مد سنة ١٨٤٥ خط بحري وصل بين ساحلي المانش توصيلاً تلغرافياً ، ثم أنشئ سنة ١٨٥١
خط بحري دائم يوصل ما بين دوفر وكاليه ، فأدى نجاح هذا المشروع إلى مشروع مد
سلك بحري تعبر بواسطته المراسلات التلغرافية المحيط الأطلسي . وكان كافن في إبان
هذا العهد قد درس موضوع التلغراف البحري ، وكانت هناك مواضع يختلف فيها هذا
عن التلغراف المعتاد . فانغمار السلك الذي يسير فيه التيار الكهربائي في مياه البحار
لا يتطلب أن يكون السلك معزولاً عزلاً جيداً فحسب بل يغير أيضاً من جوهر الموضوع ،
لأن عزل السلك يجعل بينه وبين المياه التي تكتنفه وهي موصلة للكهربائية أيضاً ، طبقة
من مادة عازلة ، ويتكون من جراء ذلك مكثف له سعة كهربائية معينة ، ودخول موضوع
المكثف وسعته في المسألة يغيرها من الوجهة النظرية ... »

« ومشروع مد الخط البحري في المحيط الأطلسي كان مشروعا خطيرا لا من الوجهة المالية فحسب بل من الوجهة الهندسية أيضاً ، إذ لا يخفى أن حبلا غليظا من المعدن ، تحيط به طبقة سميكة من مادة صلبة عازلة ، يبلغ طوله آلاف الأميال ، وليس من سفينة تسعه أو تقوى على حمله إذا أمكن صنعه — إن حبلا مثل هذا ليس من الهين مده في قرار المحيط على عمق بضعة أميال من سطحه ، وفوق هذه الصعوبات فقد بين كلفن العوامل النظرية الأخرى التي يتوقف عليها نجاح المشروع إذا ما تم إنجازه .

« وكانت آراء كلفن هذه موضع أخذ ورد ، واستحثه ذلك إلى متابعة البحث ، واستطاع أن يبتكر طرقاً خاصة تساعد على سرعة إرسال الإشارات . وفي سنة ١٨٥٦ تكونت شركة لإنجاز هذا المشروع ، وانتخب كلفن واحداً من مديريها ، وكان بينه وبعض مهندسي الشركة اختلاف في الرأي في بعض النقط الفنية . وابتدأ العمل في مد السلك البحري سنة ١٨٥٧ ، ولكن لم يكبد يتم منه غير ثمانين وثلاثمائة ميل إلا وقد قصف السلك فجأة ، وكان كلفن على ظهر الباخرة يراقب العمل ، فتبينت له بعض العيوب في الطريقة التي اتبعت في مد السلك ، ولما عاد أخذ يدرس موضوع الجلفانومتري (وهي آلات لمعرفة صفة التيار الكهربائي الموجود) لأنه رأى أن خير مستقبل يستعمل في التلغراف البحري جلفانومتر حساس . وكان ذلك سبباً في اختراعه الجلفانومتر ذا المראה المعروف باسمه .

« وتم مد أول سلك بحري بين أيرلندا وكندا سنة ١٨٥٨ ، وكان كلفن يرى ألا تكون قوة التيار الكهربائي كبيرة حتى لا يخشى من التلف على المادة العازلة المحيطة بالسلك أو بالأحرى بالحبل الممدود ، وأن يستعمل جهاز حساس كالجلفانومتر الذي اخترعه كاستقبل . ولكن المهندس المعهود إليه في مباشرة هذا العمل لم يكن على هذا الرأي . فلم يمر على إتمام مد السلك غير بضعة أيام إلا وظهر أن قد أصابه خلل ، فمهد إلى كلفن نفسه في مباشرة العمل ، ولكن الخرق كان قد اتسع وصار الخط بعد بضعة أسابيع لا يغني فتيلة .

« وفي سنة ١٨٦٥ حصلت الشركة الكبرى (الايسترن) على امتياز مد الخط البحري وكان كلفن خلال الفترة التي انقضت لا يزال على أمل كبير في نجاح المشروع ، فاستمر

في دراسته من الوجهة النظرية ، وتتبع إصلاح الأجهزة والأدوات ، وإن كانت المساعي التي بذلت لإنجاز مد السلك قد حبطت هذه المرة أيضاً ، فقد أعيدت الكرة مرة أخرى سنة ١٨٦٦ ، وكل العمل في هذه المرة بالنجاح التام .

« وفضل كلفن على التلغراف البحري لا ينكر ، ولا سيما أنه أصلح من بعد ذلك جهازاً خاصاً بتدوين الإشارات استبدل بالجلفانومتر ذي المראה ، وعم استعماله في التلغراف البحري واعترافاً بفضلته في نجاح المشروع منحه الملكة فيكتوريا سنة ١٨٦٦ لقب السير » .

وهكذا يكرم النابغون لنبوغهم ، وهل جزاء الإحسان إلا الإحسان ؟

الفصل الرابع عشر

الترفون

رأينا في التلغراف الكهربي أن التيار الكهربي يستخدم في هز إبرة مغناطيسية أو تحريك قلم كهربي على مسافة بعيدة . ورأينا أنه لما طالت المسافة كما في حالة الأسلاك البحرية التي تصل ما بين أمريكا وأوروبا استعمل جهاز أكثر حساسية من ذلك لاستقبال الرسائل وتدوينها . وهذا الجهاز يتألف من قارورة حبر صغيرة يحركها التيار الكهربي في اتجاهين متضادين فتتفت بعض الحبر ، فيسقط على شريط من الورق يتحرك . وبهذه الطريقة تدون الإشارة على الورق دون أن يحدث احتكاك .

ومع هذا فالتلغراف آلة بسيطة جداً ، غير تامة الصقل ، إذا هي قورنت بالترفون ، لأن الترفون ينقل الكلام نفسه عبر مسافات طويلة قد يعجز حتى الضوء الشديد المنبعث من أعلى فنار أو جبل أن يصل إليها .

ولأن يتكلم شخص في بلد كالقاهرة فيسمعه آخر في أسوان ويعي ما يسمع ، فأمر عجيب لا يصدق أحد ما لم يكن قد جربه بنفسه من قبل . وأعجب ما فيه ليس هو ذلك الكلام المنقول بل هو طول المسافة التي يتم معها التواصل والتخاطب ، وكأن المتخاطبين في حجرة واحدة . فلماذا يعجزنا طول المسافة إذا نحن اعتمدنا على مجرد الصياح والصراخ ؟

الموجات الصوتية

السبب أننا حين نصيح تحدث موجة صوتية في الهواء ، وهذه الموجة الصوتية تشبه في كثير من الوجوه موجة الماء . فإنا حين نرمي حجراً في بركة ماء فإن الموجة تبدأ من نقطة سقوط الحجر في الماء ، ثم تنتشر على شكل دوائر تتسع شيئاً فشيئاً . ولا يتف الأمر بهذه الموجات عند اتساعها شيئاً فشيئاً ، بل إنها تضعف كذلك شيئاً فشيئاً كلما

اتسعت . فإذا كانت البركة كبيرة تضعف الموجة كثيراً إلى أن تضمحل فلا يمكن إدراكها عندما تصل إلى الشاطئ .

ولكن إذا كان لدينا بدل البركة قناة أو مجرى ماء ضيق ، ثم لُطم الماء عند طرف القناة أو المجرى ، فإن الموجة تستطيع أن تسير مسافة طويلة دون أن تضعف كثيراً . وسبب هذا أنها محصورة من الجانبين فلا تستطيع أن تنتشر وتتسع جانبياً . وكذلك إذا نحن تكلمنا في أنبوبة أو ماسورة طويلة فإن صوتنا يصل إلى مسافة أطول مما لو أطلقناه في الهواء الفسيح الطلق . وهذا راجع بدوره أيضاً إلى أن الصوت لا يستطيع عندئذ أن ينتشر جانبياً . ولهذا السبب كانت « مواسير الكلام » أكثر ملاءمة في التخاطب .

فإذا استطعنا أن نرسل نفس الأمواج خلال سلك فقد ننجح في حمل الصوت إلى مسافة أبعد من المسافة التي تحملها إليه المواسير والأبواق . ويمكن تحقيق ذلك بأن يمد سلك بين علبتين صغيرتين من العلب الصفيفية ، أى أن السلك يمر من ثقب في قرار إحدى العلبتين ، فإذا ما تكلم شخص في إحدى العلبتين ، وقرب الثانى الأخرى من أذنه والسلك ممدود مشدود بينهما ، فإن هذا الأخير يسمع بوضوح كلام الأول . وفي هذه الحالة تسير موجة الصوت خلال السلك ، تضغطه آناً وتبسطه آناً ، حتى تصل إلى العلبة الأخرى وتدفع الهواء فيهتز نفس الاهتزاز محدثاً نفس الكلام . فمثل هذا الجهاز هو الذى يسمى « التلفون الميكانيكى » وليست له قيمة من الوجهتين العلمية والعملية ، وأصبحت كلمة « تلفون » في الواقع تطلق على الجهاز الذى يُشغَّل بالكهربائية والمغناطيسية .

طبيعة الموجات الصوتية

ولكى نفهم العقبات التى كان على مخترع التلفون أن يتخطاها يتحتم علينا أن نفهم أولاً طبيعة الموجات الصوتية التى تمثل الكلام . فالكلام يتألف من اهتزازات في الهواء . وهذه الاهتزازات إنما هى نفخات هواء صغيرة جداً وسريعة جداً نحدثها نحن بواسطة الحنجرة والفم . فإذا أردنا أن نحدث سلسلة نفخات متتالية سريعة فلا يمكن أن يتعدي

عدد هذه النفخات عشراً في الثانية . ولو وجد جهاز يعطى نفخات هوائية بأسرع من ذلك ، كأن يكون عددها عشرين في الثانية مثلاً ، فإننا نسمع طنيناً . ويمكن توضيح ذلك بعجلة مسننة (تروس) كتلك التي توجد في الساعات وإنما تكون كبيرة الحجم . فإذا ما أديرنا مثل هذه العجلة بسرعة ثم عرضنا لأسنانها حافة ورقة مقواة فإن ضربات الأسنان للورقة تتحول بزيادة سرعة الدوران إلى طنين ، ثم في النهاية إلى نغمة موسيقية . وكلما زادت سرعة العجلة ارتفعت درجة الصوت الحادث .

المرجبة والشدة والنوع

ولكل نغمة درجتها الخاصة بها ، أى أن لكل نغمة عدد هزات خاص بها في كل ثانية من الزمن . فاهتزازات الأنغام التي في وسط البيانو تنحصر ما بين مائتين وخمسة مائة في الثانية . وقد تكون النغمة شديدة أو فاترة شأنها في ذلك شأن موجة الماء التي تكون مرتفعة أو منخفضة . المرتفعة يقابلها صوت على الشدة . أما الموجات أو التعرجات الصغيرة التي تظهر في سطح الماء فتقابل نغمة موسيقية حادة جداً (أى مرتفعة الدرجة) ، ولكنها خافتة (أى منخفضة الشدة) كأصوات الحشرات من صني وصرير .

فلكل نغمة درجتها وشدتها . وعدا ذلك فلها نوعها أيضاً . فنحن مثلاً قد نستطيع إحداث نغمة واحدة بالكان أو الناي أو العود أو القانون ، وقد يكون لها نفس الدرجة والشدة . ومع ذلك فيمكن لكل من يسمعها أن يميز بينها بسهولة . فما هي تلك الخاصية التي تمكننا من تمييز نغمة تحدثها آلة من نفس النغمة تحدثها آلة أخرى ؟ ما هو ذلك الشيء الذي يجعلنا نميز بين أنواع النغمة الواحدة ؟ لا بد أن يكون هناك شيء ما في مكان ما من الموجات التي تسير في الهواء وتصل إلى آذاننا .

ظلت هذه المسألة مسترابة زمناً طويلاً إلى أن تحقق العلماء من أنه لا يوجد صوت موسيقي تام البساطة وذلك بسبب الموجات . فقد جرت العادة أن نرى حتى في الأمواج الكبرى المائية موجات أو تعرجات صغيرة تعلو حافتها العليا . فالموجة ذات السطح التام بالملاسة نادرة جداً . وكذلك الحال في الصوت فإنه تكاد لا توجد موجة صوتية تامة البساطة .

فلكل موجة موجات أو تعرجات أخرى صغيرة تعلوها . وعلى ذلك فالموجة الصادرة عن نغمة ما في البيانو نوع من هذه التعرجات أو الموجات الإضافية ، والموجة الصادرة عن نفس النغمة في الناي أو العود أو الكمان أو القانون أنواع أخرى . ولكل نوعه الخاص به . لذلك قد تتحد النغمات الصادرة من مختلف الآلات في الدرجة والشدة ولكنها تختلف في النوع .

فالأصوات الموسيقية إذن يمكن أن تتعين بمجرد معرفة درجتها وشدتها ونوعها . وليكن الأصوات كلها ليست موسيقية . فهناك الدوى وأنواعه كثيرة ، وكثير من ألوان الكلام أيضا — هذه كلها أصوات ولكنها ليست موسيقية . على أن الكلام في الواقع يتألف من أنغام من جميع الأشكال والأنواع تتعالى وتتعاقب بسرعة ، ولا تستغرق إلا وقتاً قصيراً جداً ، وتتغير بسرعة من نغمة لأخرى .

فمن هذه الأنغام الفحيح والحفيف والصنى ، وهي من أصوات الحشرات ، هي الأعلى درجة . وتلك هي أصعب الأصوات انتقالاً في التلفون . وما كاد يخترع التلفراف الكهربي حتى اتجهت فكرة كثيرين من الكهريائيين إلى وجوب إرسال الكلام عن طريق الأسلاك الناقلة للتيار .

وهنا أريد أن ألفت النظر إلى أن الكلام لا ينتقل في السلك ، بل إن التيار هو الذي ينتقل . وسأعود إلى ذلك فيما سيجيء . فقد عرف الكهريائيون أن الصوت يتألف من موجات ، نخطر ببالهم أنه إذا قوطع التيار جملة مرات كثيرة في الثانية فقد يحدث عن هذا التقطع نغم موسيقى . ولم يكن هذا الخاطر وليد الحدس والتخمين بل وليد مشاهدة عارضة حدثت أمام عبقرى شديد الملاحظة .

صوت سبيل التيار

فبينما كان شارلز جرافتون باج يجري في أمريكا بعض التجارب في المغناطيسيات الكهربية لاحظ أن انقطاع التيار أو اتصاله في ملف المغناطيس الكهربي يصحبه صوت خافت يشبه الصوت الحادث من الجسم المعدني إذا طرق بلطف . فتدرج في إجراء

التجارب هو وغيره حتى استطاعوا إحداث أصوات متعاقبة من هذا القبيل ، يحدث من تعاقبها وانتظامها نغم موسيقى . حدث ذلك سنة ١٨٣٧ في أمريكا ، فتمحقت الفكرة ولكن تطبيقها في التلفون جاء بعد نيف وعشرين عاما ، إذ كان لابد من مميزات تهيأ بها أسباب ذلك .

ففي سنة ١٨٥٤ رأى فرنسى تليفونى يدعى شارل بورسو أنه إذا سقطت موجات الصوت على غشاء رقيق ضمن دائرة كهربائية ، بحيث ينجم عن تذبذبه بتأثير موجات الصوت غلق الدائرة ثم فتحها ، كان من الممكن استخدام التيار الكهربائى الذى يتصل وينقطع على التوالى بهذه الصورة ، فيتذبذب غشاء آخر معد بكيفية ملائمة تذبذباً شبيهاً بتذبذب الأول ، فيحدث من ثم صوت يماثل الصوت المؤثر فى الغشاء الأول ، وفكر فى أن يشد جلدأ على طبلة ، وأن يثبت فى وسط الجلد سلكاً رفيعاً مغموس طرفه فى نقطة زئبق ينفخس فيها سلك آخر ، فتحديث من هذا التماس دائرة كهربائية إذا وصل السلكان من الناحية الأخرى ، ورأى أنه عند الكلام يهتز الجلد ويتحرك السلك ، فيخرج طرفه من نقطة الزئبق ثم يدخل فيها ثانية ، وبذلك ينقطع التيار ثم يتصل ؛ وهو ينقطع ويتصل على التوالى بسرعة إذا ما كانت النغمة مرتفعة الدرجة ، وتقل هذه السرعة إذا كانت النغمة منخفضة ، فإذا اتصل بهذا الجهاز فى جهة أخرى جهاز مشابه أمكن نقل الكلام .

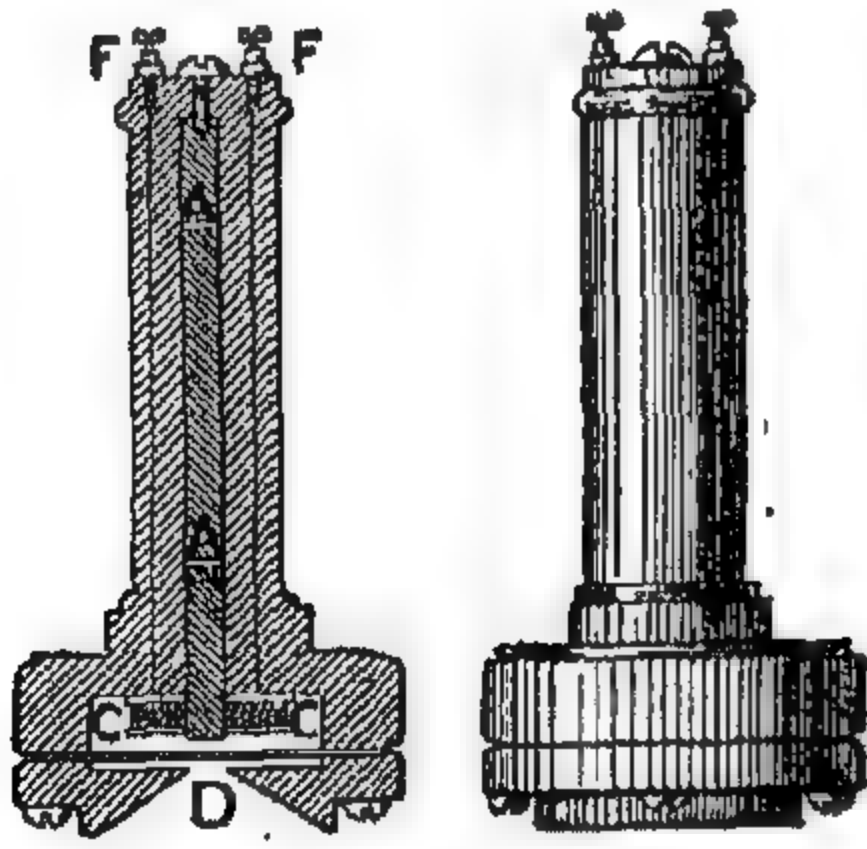
أول تلفون

ونشر بورسو فكرته هذه فى مجلة الإلستراسيون ولكنه لم يحاول تطبيقها عملياً . ولكن فى سنة ١٨٦١ تقدم ألمانى هو الأستاذ فيليب ريس وأخذ على عاتقه إخراج مشروع بورسو إلى حيز العمل مستعيناً بكشف باج السابق ذكره ، فتم له اختراع أول تلفون بالمعنى المعروف اليوم واستطاع أن ينقل به الأنغام الموسيقية فقط لا الكلام . وكان جهازه هذا عجيبة وقته ، ولكنه لم يكن يكسب الأنغام لونها السليم الصحيح . غير أن التيار التأثيرى استطاع أن يعطى تلك الموجات أو التعرجات الدقيقة التى تعلو الموجات

الصوتية فتظهر من ثم نبرات الكلام . ولأمر ما أهملت تجارب ريس وظلت منسية خمسة عشر عاماً . وتوفي ريس سنة ١٨٧٤ فقيراً معدماً مهلاً مطوى الذكر . وكاد ينسى موضوع التلفون لولا أن المخترع الأمريكي العظيم جراهام بل كان يواصل البحث إلى أن تم له اختراع التلفون سنة ١٨٧٦ .

تلفون بل

وكانت الفكرة في حد ذاتها بسيطة جداً خيبت عند ظهورها أمل كثيرين ، شأنها في ذلك شأن معظم الاختراعات . فالصبي الصغير يستطيع أن يعده ويتكلم به . والواقع أن بل قد عثر من أول الأمر على القاعدة الصحيحة التي يجب على مقتضاها أن يبني التلفون السليم ، وكان عيب تلفون ريس أنه لا يستجيب لموجات الصوت الدقيقة التي منها يتألف الكلام . فكان من الضروري صنع آلة حساسة ودقيقة كأذن الإنسان . ولكي يصل بل إلى ذلك استخدم تيارات فرداي التأثيرية .

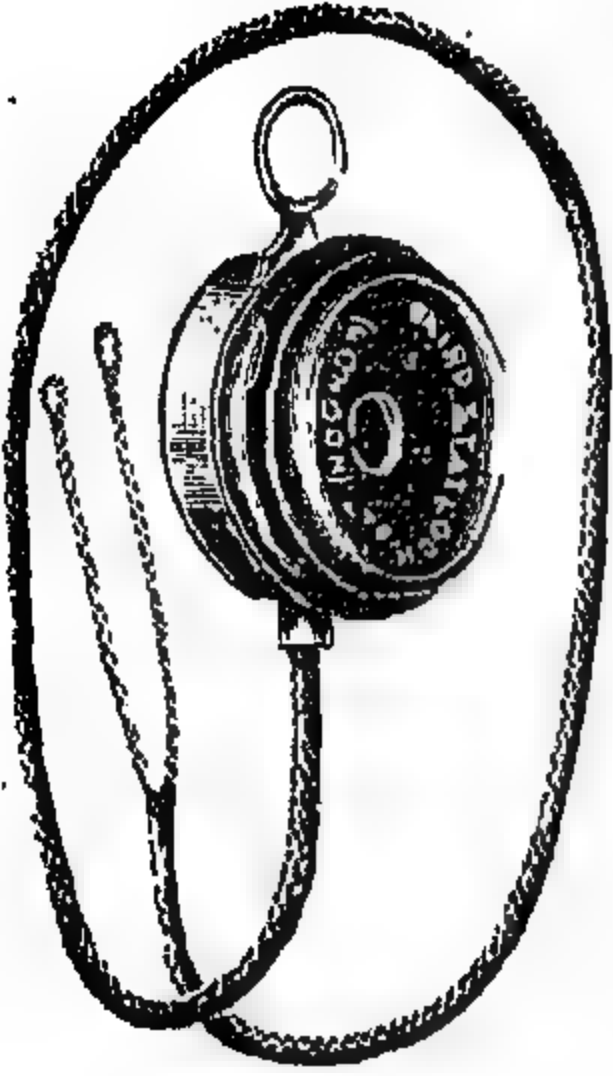


(شكل ٧٣) تلفون « بل » المغناطيسي

ولقد مر بنا في الفصل الماضي كيف أن فرداي حينما نزع طربوش المغناطيس الكهربي بأى ظهر تيار تأثيرى وقتى في ملف السلك . ويمكن فعلاً إحداث تيارات تأثيرية صغيرة بمجرد نزع هذا الغطاء ثم وضعه . فخطرت لبل فكرة تركيب قطعة حديد أمام مغناطيس كهربي بأى تكون متصلة بغشاء من الجلد

حتى إذا ما اهتز بتأثير موجات الصوت اهتزت هى أيضاً من جراء اهتزازه . وجعل المستقبل شبيهاً بالمرسل . فعند الكلام يهتز الغشاء فتهتز معه قطعة الحديد الصغيرة ، فتحدث تيارات ضعيفة وسريعة في الملف ، وتنتقل هذه التيارات خلال السلك فتصل إلى المستقبل فيسمع الكلام . وذلك لأن التيارات الصغيرة الواصلة إلى ملف المغناطيس الثانى تقوى مغناطيسيته أو تضعفها على التوالى وبسرعة عظيمة ، وبذلك يشد ثم يضعف جذبها لقطعة الحديد الموجودة في المستقبل . وعلى ذلك فكل حركة في غشاء المرسل تحدث

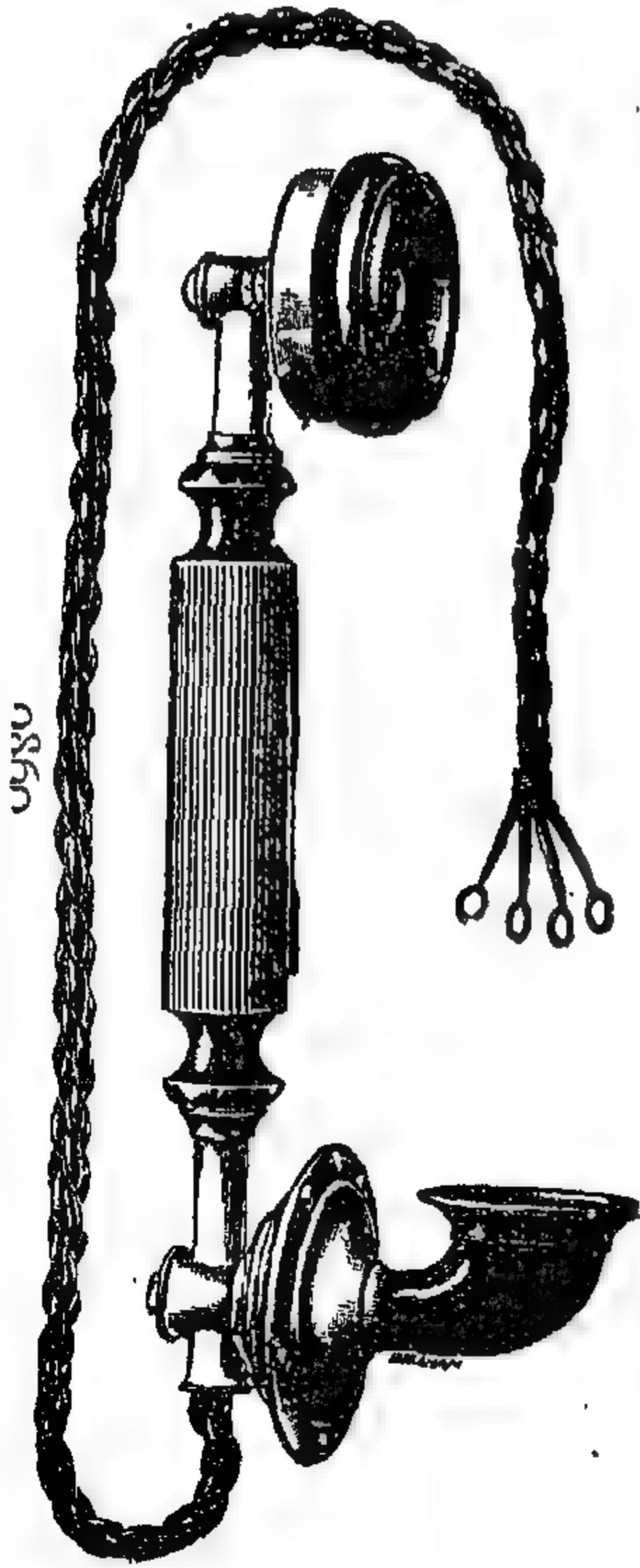
نظيراً لها في غشاء المستقبل ، فتحدث من ثم في المستقبل نفس التموجات الهوائية الحادثة في المرسل . وهذا كل ما يحتاج إليه في نقل الكلام .



ولكن هذا الجهاز كان لا يزال يعوزه التحسين والتحويل . فأولاً نحن نعرف أن المغناطيس الكهربائي يفقد كل مغناطيسيته إذا قطع تيار الملف ، فوجد جراهام بل أنه ليس من الضروري استعمال مغناطيس كهربائي ، وبدلاً من استعمال قطعة حديد مطاوع رأى أن يستعمل قطعة مماثلة من الصلب المغطس مغطسة شديدة . ومثل قطعة الصلب هذه هي التي تسمى المغناطيس

الدائم . وقطع المغناطيس التي على شكل حذاء الفرس والتي صبغت بدهان أحمر والتي تعرض في الأسواق هي من قبيل المغناطيسيات الدائمة . وقد بسط هذا الاستكشاف المسألة كثيراً ولم تبق بعد

حاجة لاستعمال بطارية .



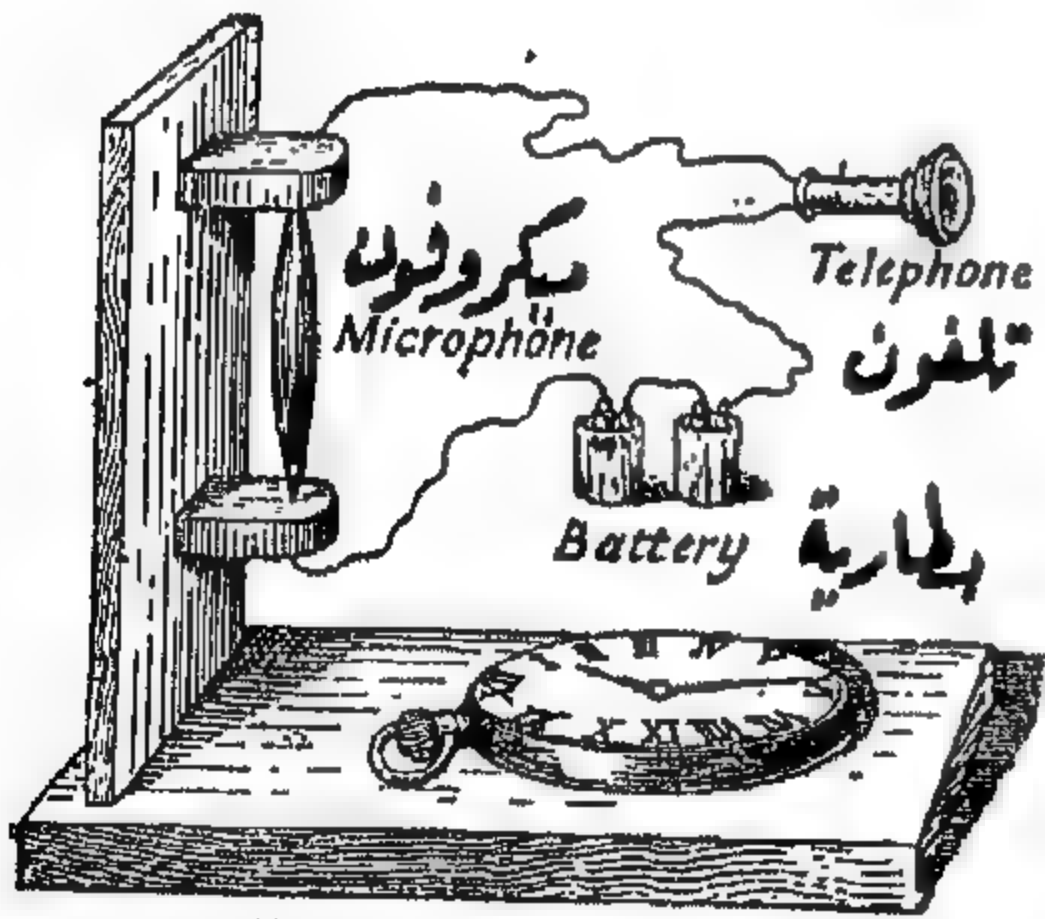
وثانياً : وجد بل أن غشاء من الصفائح يمكن أن يقوم بالمهمة خيراً من الجلد . وما إعتدنا أن نسميه صفائحاً ليس في الواقع إلا لوحاً من الحديد غطى من جانبيه بغلاف رقيق جداً من القصدير . ولما كان هذا الغلاف القصديري لا يؤثر البتة في القوة المغناطيسية فإن هذا اللوح يعمل كما لو كان كله من الحديد النقي . فعند ما تصل إليه موجات صوتية فإنه يهتز ، واهتزازة يغير مغناطيسية المغناطيس الدائم تغييراً طفيفاً محدثاً تلك التيارات الصغيرة السريعة التي سبق ذكرها . وأصبح الجهاز كله متألفاً من مغناطيسين من الصلب ، وقرصين من الصفائح ، وسلك يكفي الملفين الموجودين حول

(شكل ٧٥) مرسل ومستقبل معا

المغناطيسين ويكفى طوله لوصول المحطتين ، ومن الصندوقين اللازمين لحفظ القرص والقضيبين المغناطيسيين في وضعهما السليم . والواقع أن هذه الآلة هي أبسط آلة يمكن أن تختراع لكي تقوم بمثل هذا العمل العظيم . والأعجب من ذلك أن هذا التلفون لا يزال يستعمل إلى وقتنا في استقبال الرسائل التلفونية .

الميكروفون

ومما يدل على جودة هذه الآلة أنه مضى على ظهورها الآن ما يربو على نصف قرن وهي هي رغم الجهود المبذولة لإدخال تحوير أو تحسين عليها دون جدوى . ولكن جهازه في الجملة من حيث إرسال الكلام واستقباله غير متقن . فيه ما يعوق صلاحه لمحاكاة الأصوات على أبعاد كبيرة . فاقترح في ذلك الحين إديسون استعمال الكربون في المرسل ولكن جهازه لم يكن ذا أثر يذكر في تقدم التلفون من الوجهة التطبيقية . ولقد أحيا الجهاز الجديد من بعض الوجوه فكرة ريس ، غير أنه بدلا من قطع الدائرة ثم وصلها رؤى إضعاف التيار وتقويته على التوالي عن طريق تقوية التماس ثم إضعافه . وقد تم ذلك سنة ١٨٧٨ لما اخترع دافيد ادوارد هيوز الجهاز الذي سماه « ميكروفون » .



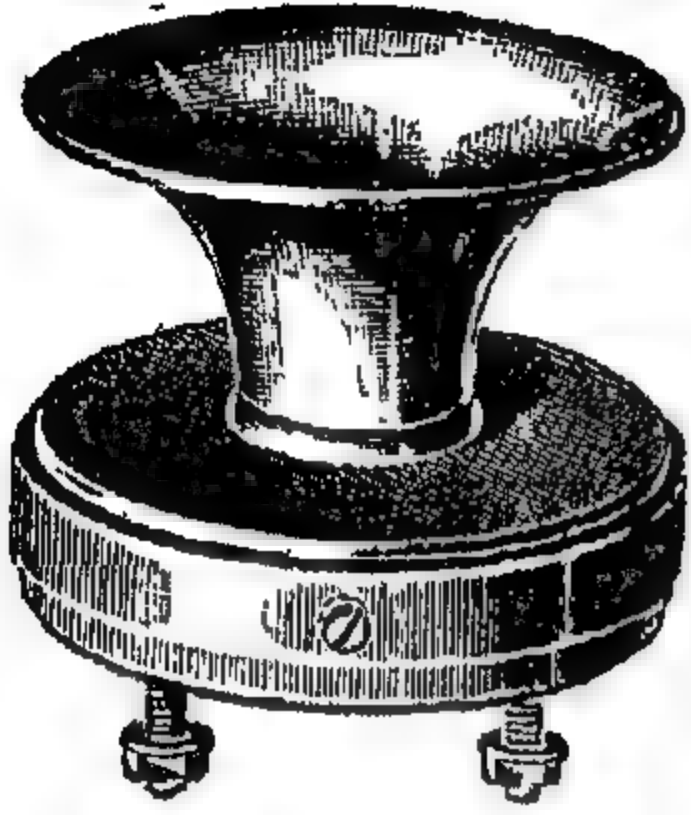
(شكل ٧٦) ميكروفون ذو قلم كربوني يهتز بين قطعتي كربون

فقد استخدم هيوز قاعدة التماس السائب هذه فابتكر هذا الجهاز الذي ربما كان أعجب وأبسط من التلفون . فالتيار يرسل خلال تلفون بل وقطعتي كربون يصل بينهما قلم من الكربون سائب الوضع بينهما . وركب الجميع على لوح من الخشب . فأقل صوت يحدث في اللوح يستحيل صوتاً عالياً في سماعة التلفون . وحتى

إذا سارت ذبابة فوق اللوح فإن وقع أقدامها يسمع في التلفون . ونظرية الميكروفون هذه هي التي تستخدم الآن في جميع مرسلات التلفون على اختلاف أنواعها . ففي مرسل بليك تلمس صفيحة المرسل أحد طرفي سلك متصل بكرة من البلاتين ، ويلمس طرفه الآخر

كرة أخرى من الكربون . فالدائرة الكهربائية هنا لا تنقطع ولكنها تضعف وتقوى على التبادل بضعف التماس بين الكرتين وشدته ، فينتقل الكلام إلى المستقبل ويسمع بوضوح عظيم .

الميكروفون ذو الحبيبات الكربونية



(شكل ٧٧) ميكروفون
حبيبات كربونية

ويوجد نوع آخر يعرف بمرسل هيننجس يمر التيار فيه من صفيحة المرسل خلال فتات من الكربون موضوعة في علبة خلف الصفيحة ، فإذا اهتزت الصفيحة من تأثير الكلام تهتز قطع الكربون هذه ، ويؤدي ذلك كما في حالة مرسل بليك إلى تقوية التضاضط بين فتات الكربون ثم إضعافه على التتالي ، أي إلى اختلاف التماس شدة وضعفاً فتتغير المقاومة الكهربائية ، وتتغير تبعاً لها شدة التيار ، وتذبذب الصفيحة

الرقيقة في المستقبل محدثة نفس الصوت وهذا المرسل هو المعروف اليوم باسم « الميكروفون ذى الحبيبات الكربونية » . وأصبح التلفون بعد ذلك كشقيقه التلغراف من أبرز علامات المدنية الحديثة في الوقت الحاضر .

الفصل الخامس عشر

الضوء الكهربائي

ليس الإنسان هو المخلوق الوحيد الذى يستضىء بالضوء الصناعى . بل إن النبات والحيوان يشتركان معه فى ذلك . فبعض النباتات الميكروسكوبية التى نسميها بكتريا تشع الضوء من جسمها . وكل ما يحدث فى هذا السبيل أن طاقتها الكيميائية تستحيل طاقة ضوئية . وقد وقف العلماء على ما يقرب من ثلاثين نوعا من هذه البكتريا المضيئة ، ولكن أكثرها شيوعا هى البكتريا الفسفورية . وتوجد البكتريا فى أماكن عدة ، وتوجد فى جروح الإنسان ، وتسبب لها ما أدى فى الغالب إلى تأويلات خرافية . وتوجد عدا البكتريا من النباتات الفطرية نباتات يشع منها الضوء . فى جنوب أوروبا يوجد النبات المسمى الشهير المسمى أغاريقون ، وهو الذى ينمو بأسفل أشجار الزيتون . ويوجد أيضا كثير غيره ، وينشأ الضوء فى بعضه بوساطة الخيوط الدقيقة التى يسميها علماء النبات « ميسيليوم » وفى بعضه يضىء قرص النبات الفطرى كله . وهذا إلى أن إضاءة الخشب الذى نخره السوس ، تلك الإضاءة التى عجب لها أرسطو فيما مضى ، راجعة إلى انتشار الميسيليوم ، بل إن بعض الجذور ، مثل جذور عرق الإنجبار الذى يوجد بكثرة فى مراعى إنجلترا ، تخترقها خويطات مضيئة . وينطبق هذا على الأوراق الثالفة من أوراق شجر البلوط والزان التى قد ترى منشورة على الأرض تلمع فى الظلام . على أن انبعاث هذا الضوء من الخشب المنخور والأوراق الثالفة يرجع إلى وجود خيوط فطرية لا إلى البكتريا . وهنا يصح أن نشير إلى أن هذا الضوء ليس منشؤه الفسفور كما هو شائع خطأ .

ويعيش الطحلب المضىء فى التجاويف الصغيرة المعتمدة الكائنة بين الصخور . ولكن بريقه إنما ينشأ عن انعكاس أشعة ضوء النهار المتفرقة ، وهذا الانعكاس يحدث من سطوح عاكسة لخلايا جلدية تشبه العدسات فى الشكل . وما هذا التشابه فى الشكل

إلا تكيف لتكوين معظم الضوء الضئيل الحادث، وذلك لأن الضوء للنبات الأخضر هو كل شيء . وما ذلك المظهر البراق الذي قد يؤوله الرائي بأنه ضوء إلا ظاهرة عرضية وهو يشبه من كل الوجوه بريق عيون الهررة في الظلام . إذ المعروف المحقق أن عين الهر ليست ذات قدرة على إحداث الضوء ، وليست سوى أجسام تعكس الضوء . وترجع هذه القدرة في عين الهر إلى تلك الطبقة الخلفية الموجودة فيها ، والتي لها صفة المراة العاكسة ، وليست وظيفة هذه الطبقة أن تجعل العين تبرق في الظلام ، بل لتمكن الهر من الاستفادة أعظم فائدة خلال هجماته الليلية من ذلك الضوء القليل المستطاع .

الضوء الحيواني

أما توليد الحيوان للضوء فظاهرة شائعة لدى ما لا يقل عن ست وثلاثين رتبة من رتب الحيوان . وترى هذه الظاهرة في كثير من قسم الحيوان الشهير بإسم انفيوسوريا مثل الحيوان المسمى « ضوء الليل » ، وهو الذي يجعل البحار تضيء ليلاً في الصيف ، وكذلك ترى في كثير من الحيوانات اللادغة مثل « قلم البحر » و « الديدان البحرية » و « نجمة البحر » وفي كثير من الحيوانات القشرية والحشرات وبعض الحيوانات الرخوة . وفي ضوء بعض الاسكيديا وهي « قرب البحر » يستطيع الإنسان أن يقرأ ليلاً . وفي أمريكا حشرات تشع ضوءاً أبيض براقاً جعل الأهالي هناك يتخذون منها مصابيح في الليل . وهذه الأضواء الحيوانية في الواقع تفوق بكثير الأضواء الصناعية التي نحدثها ، فهي اقتصادية جداً ، ولا يبذل الحيوان في إحداثه الضوء إلا جزءاً قليلاً من قوته ومجهوده ، ويسميه العلماء « الضوء البارد » لأنه يحدث دون ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً محسوساً ، ويحدث عن غير طريق الحرارة ، وإذن كان ضوء اليراعة أو ضوء الحباب أرخص أنواع الضوء ، لأنه لا يحدث فقداناً في الطاقة على صورة حرارة ، وإذن يكون ربح الإنسان عظيماً لو أنه وقف على مثل طريقة الإستضاءة هذه .

إستضاءة الإنسان

والإنسان منذ عرف كيف يوقد النار استطاع أن يضئ ظلمة الليل الفاحشة ، ولم يعد

يقصر اعتماده في الإضاءة على الشمس والقمر . على أن النار التي يوقدها الممجي بحرق كتل الخشب لم تكن تهىء له سبيل الإضاءة فقط ، بل كانت تمدّه بالحرارة أيضاً ، ولكنها كانت تعطى من الحرارة أكثر مما تعطى من الضوء ، فهي ساخنة لا نستطيع لمسها ، ولكنها نستطيع أن نطلق فيها أبصارنا فلا يؤذينا توهجها . وهي قد تهياً فتكون أشد تلاءماً ومع ذلك لا يبهرننا ضياؤها .

وكان قدماء المصريين أول من اخترع المصابيح . وكانت مصابيحهم أواني مملوءة بالزيت ومجهزة بفتائل مغموسة فيه . وتلا ذلك ظهور الشموع حينما وجدوا أن بعض أنواع الدهن يمكن أن يذوب وينصهر حينما يلمسها الفتيل الساخن . ولكن أحسن أنواع الشمع يعطي ضوءاً ضعيفاً إلا إذا أوقدت مئات منه معاً ، وعندئذ يتصاعد بإيقادها مقدار كبير من الدخان . وخير الأضواء ذلك الضوء الذي يكون نيراً متلاًئلاً لا ينفث حرارة ولا دخاناً ولا تكون له رائحة ، والذي يكون عدا ذلك رخيصاً وجاهزاً يمكن إيقاده على الفور في أية لحظة وفي أى مكان .

ولقد شهد القرن الماضى تحسينات عجيبة أدخلت على المصابيح ، وقد تتالت هذه التحسينات ، ولكن أيسر أنواع الضوء التى اخترعت حتى اليوم وأفضلها هو الضوء الكهربائى ، فهو لا ينفث دخاناً ، وهو رائق صاف متلاًئلاً ، وهو يوقد ويطفأ باللمسة بسيطة ، وعدا هذا فهو رخيص نسبياً ، وهو يفضل المصابيح الزيتية حيث لا يحتاج فيه إلى فتيل ولا إلى زيت ، وهو يفضل الغاز أيضاً لأنه لا يحتاج إلى ثقاب يشعله ولا إلى شبكة تشع الضوء فضلاً عن انعدام خطر الانفجار .

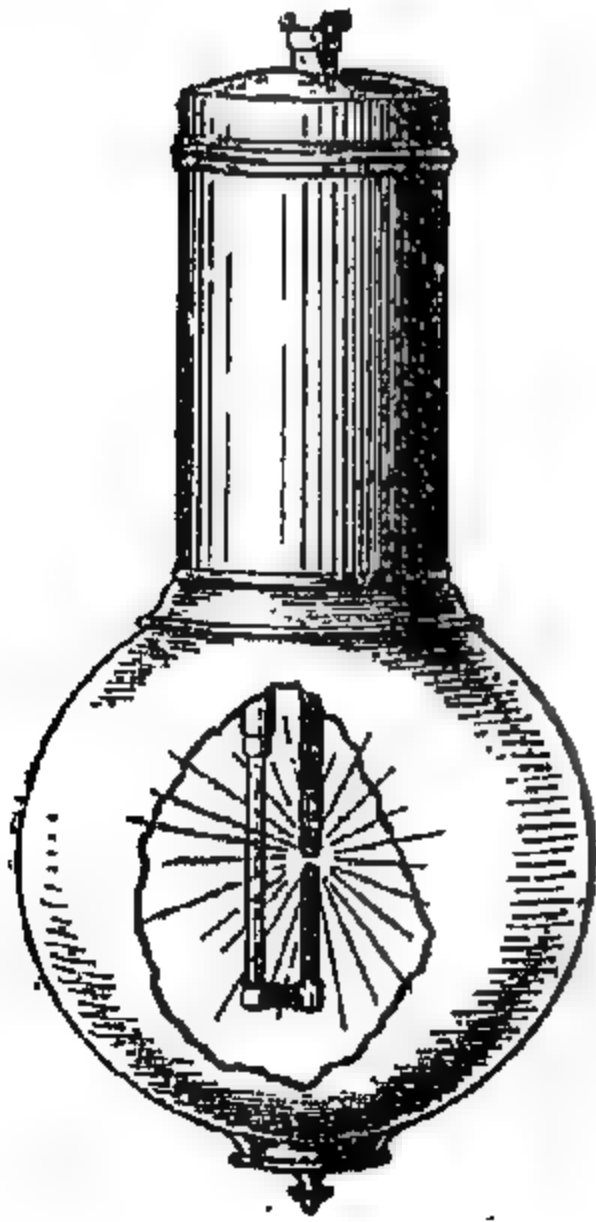
اللمب الكهربائى

واخترع الضوء الكهربائى فى القرن التاسع عشر ، وكان سير همفرى ديفى أول من استحدثه ، فقد كانت لديه فى المعهد الملكى بطارية مؤلفة من ألفى عمود ، وقد وجد ذات يوم أنه حينما وصل قطبيها بسلكين ، ثم قرب طرف أحدهما من طرف الآخر ، ظهر ضوء واضح بينهما . وكان هذا الضوء أو هذا اللهب شديد الحرارة بحيث صهر المعادن التى يصعب

صهرها ومن بينها البلاتين ، فحاول أن يجد مادة لا تنصهر ، وتكون في الوقت نفسه موصلة للكهربائية . فجرب الفحم النباتي ، ولكنه وجدته رديء التوصيل جداً للكهربائية ، فغمسه في زيتيق . وبذلك حصل على موصل جيد لم ينصهر حقيقة في اللهب الكهربائي غير أنه احترق بسرعة . ومع ذلك فقد عرض هذا الضوء في المعهد الملكي بإنجلترا سنة ١٨٠٨ فأنار دهشة عظيمة .

القوس الكهربائي

وظلت تلك التجربة الأولى والأخيرة في هذا الصدد حتى منتصف القرن التاسع عشر تقريباً حيث وجدت مادة تحترق ببطء ، وقد وجدت هذه المادة في قرار البوداق المستخدمة في صناعة غاز الاستصباح . فعند ما يتصاعد بالتسخين غاز الاستصباح جميعه يبقى فحم الكوك ومادة أخرى سوداء صلبة مندمجة تلصق بقرار البودقة . وقد سميت هذه المادة « الكربون الغازي » ووجد أنها جيدة التوصيل للكهربائية ، وأنها خير مادة تصلح لإجراء تجارب على اللهب الكهربائي . فقطعت على شكل قضبان أو أقلام صغيرة ، وجعل اللهب يظهر بين طرفي قلمين من هذه الأقلام متصلين بالدائرة الكهربائية ومكونين قطبين لها . فالتخذ اللهب شكل قوس انثنى إلى أعلى فوق طرفي القلمين ، وذلك بسبب جاذبة اللهب التي أحدثت تياراً هوائياً صاعداً . وسمى اللهب من



ثم « القوس الكهربائي » وسمى المصباح الذي يشتمل عليه « المصباح القوسي » . وأمثال هذا المصباح القوسي هي التي تستعمل في إنارة الشوارع والميادين الفسيحة . فكل مصباح يعدل في الإضاءة ألوف الشموع الموقدة معاً . والضوء المنبعث من طرفي قلمي الكربون المرتفعة حرارتهما إلى درجة الإنبضاض هو أسطع الأضواء الممكن إحداثها صناعياً .

ولكن المصباح القوسي شديد الإضاءة جداً ، فلا يمكن

استعماله في الأحوال العادية . فهو يبهز البصر ، ولذلك فهو (شكل ٧٨) المصباح القوسي

لا يصلح للاستعمال في حجرة عادية مثلاً . وظل الكهربائيون سنيين وهم جادون وراء الحصول على نوع آخر من المصابيح الكهربائية لا يهرضوؤه الأبصار كما يهرها القوس الكهربائي بضوئه . وبذل رجلان في هذا السبيل أكبر مجهود كلل بالنجاح . وهذان الرجلان هما توماس إديسون في الولايات المتحدة وأمريكا وجوزيف سوان بالجملة .

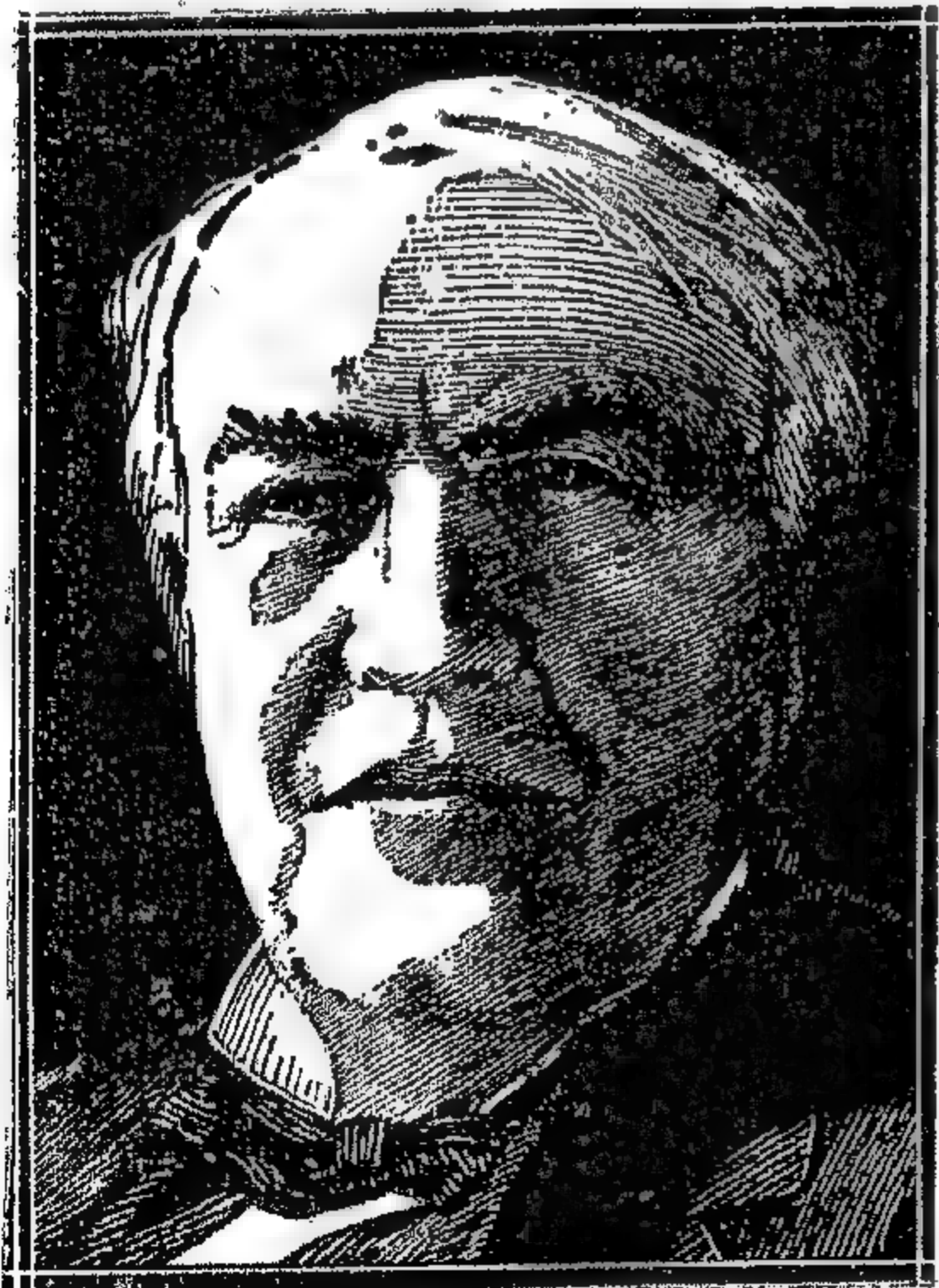
إديسون

وقد ولد إديسون سنة ١٨٤٧ ، ولم يلتحق في حياته بأية مدرسة ، وكل ما تلقاه من الثقافة إنما كان على يدي أمه ، ومع ذلك فقد صار أئبه المخترعين ذكراً في القرنين التاسع عشر والعشرين دون أن يتخرج في مدرسة عالية أو جامعة عظيمة . ولكن ولوج باب الابتكار والاختراع لا يتوقف على شهادة علمية أو درجة جامعية بل على العبقرية المقرونة بمضاء العزيمة وتوثب الذهن .

ولما بلغ الثانية عشرة من عمره اشتغل عاملاً في قطر السكة الحديدية يبيع الجرائد فيها . وبلغ من شغفه بها أن تعلم الطباعة ، فلما تعلمها رأى أن يطبع جريدة خاصة به إبان عمله في عربة العفش في القطار ، ثم يوزعها على الركاب . وفي ذات يوم أنقذ حياة ابن أحد نظار المحطات ، وقد كاد يدهمه القطار . فاعترافاً له بهذا الجميل علمه ناظر المحطة هذا أعمال

التلغراف من إرسال إشارات وتلقى رسالات ، وكان التلغراف قد دخل إذ ذاك في دور التعميم . فأظهر الفتى إديسون في أعمال التلغراف مهارة عظيمة ، وسرعان ما عين بين عماله أي أنه عين « تلغرافياً » .

ولما بلغ الحادية والعشرين اخترع تلغرافاً جديداً يدون الرسالة بنفسه . وقد كان هذا الاختراع كبير النفع ، فسألت عدة شركات تلغرافية أن يبتكر أشياء أخرى لهم كانوا في شديد الحاجة إليها . فأقام إديسون لنفسه مصنعاً



(شكل ٧٩) توماس إديسون المخترع الأمريكي

لصنع التلغرافات المدونة ، واضطر بعد بضع سنين إلى بيع مصنعه هذا نظراً لضيقه ، وأسس مصنعاً آخر جديداً كبيراً في منلو بارك بمدينة نيو جيرسى . ونما هذا المصنع واتسع ، ومنه خرجت جميع اختراعاته التي تعدت الألف ، وظل إديسون يعمل فيه حتى وافاه القدر سنة ١٩٣١ ، فراح مأسوفاً عليه من جميع رجال العلم ذوى الإجازات العالية . ويقال إنه شغل قبيل وفاته بابتكار جهاز لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر .

ومما يجدر ذكره في هذا الصدد ، أنه في إحدى جلسات تحضير الأرواح المنعقدة في لندن في شهر أبريل سنة ١٩٣٨ كما جاء في عدد مجلة « سايكك نيوز » رقم ٣١٠ الصادر بتاريخ ٣٠ أبريل سنة ١٩٣٨ خاطب روحه الحاضرين بالصوت المباشر معترفاً بقصوره هو ومركوبى عن إعداد هذا الجهاز ومهنتا الذين نجحوا في صنع الأجهزة الحديثة لمخاطبة الأرواح بالصوت المباشر ورؤيتها وهي تشغل بعض هذه الأجهزة . ومن هذه الأجهزة جهاز التليفوكس televox للكلام وجهاز الرفل-كتوجراف reflectograph لرؤية الروح متجسداً وهو يكتب عليه وكأنه آلة كاتبة . وقد فصلنا ذلك في محاضرة لنا ألقيناها في الجامعة الأمريكية في نوفمبر سنة ١٩٣٨ ، ونشرها المقتطف في عددى يناير وفبراير من سنة ١٩٣٩ .

وكانت الفكرة التي استحوذت على إديسون أن يستخدم الكهرباء في جعل الحياة سهلة سارة مستساغة . ولكي يصل إلى ذلك نراه قد سلك طريقاً يخالف طريق سابقه من المستكشفين . ففي أوروبا اتجه رجال العلم إلى استكشاف الحقائق العلمية أولاً ، فإذا ما استكشفوها حاولوا أن يستنبطوا الطرق التي تستفيد الإنسانية منها . ويرى البعض أن الغرض الأول أهم كثيراً من الثانى . أما إديسون فقد كان يسلك سبيلاً أخرى . فهو أولاً يسأل نفسه ما هى المسألة الكبرى التي تستلزم حلاً . فلما يجد المسألة يبدأ في تنفيذها متخذاً جميع الحقائق والملاحظات التي تتصل من بعد أو من قرب بها . وبعدئذ يبحث عن خير طريق لحلها . وإذا استلزم الأمر إجراء الكثير من التجارب والبحوث فإنه لا يتأخر عن إجرائها . وبهذه الطريقة كان الرجل لا يخترع اختراعات عظيمة فقط بل كان يصل أيضاً إلى كشوف علمية عظيمة .

مصباح إديسون الكهربائي

ولما اعتزم أن يصنع مصباحاً كهربائياً يفنى بالغرض عرف أنه عند إرسال تيار قوى في سلك رفيع يستخن السلك ويحمر أو يبيض من شدة الحرارة ، وبذلك يشع ضوءاً . ومثل هذا الضوء لا يكون شديد الوطأة على العين ، وعلى ذلك فهو من هذه الوجهة يفضل القوس الكهربائي . فحرب إديسون جملة أسلاك مختلفة . وعلى الرغم من أن الكثير منها قد شع ضوءاً يفنى بالغرض إلا أنها لم تعمر طويلاً . فالسلك البلاتيني يمكن أن يصل إلى درجة الابيضاض بالحرارة ، ولكن إلى زمن ما لأنه في النهاية ينقطع عند جزء منه .

ولما كان القوس الكهربائي لم ينجح إلا عن طريق الكربون ، اتجه بطبيعة الحال فكري إديسون إلى الكربون . والفحم النباتي كما هو معروف كثير السام ، فضلاً عن أن الكربون الغازي لا يمكن سحبه وصنعه أسلاكاً . فخطر لإديسون أنه إذا تعرض خيط حريري إلى حرارة شديدة أسود لونه ، فهو إذن يستحيل كربوناً كالفحم النباتي ، ولا يحتاج إلى سحب لأنه يكون رقيقاً جداً . فأجرى تجارب على خيوط من الحرير والقطن والكتان بأن سخنها تسخيناً شديداً في إناء مغلق ، فأنتجت كلها خيوطاً كربونية دقيقة رفيعة ، ولكنها كانت تنقطع لأقل اضطراب يحدث فيها .

ووجد إديسون أن ألياف الخيزران أحسن المواد التي جربها في هذا الصدد ، وإن تكن قد تلفت بعد أن استعملت في المصباح ستمائة ساعة .

الشعلة الكهربائية

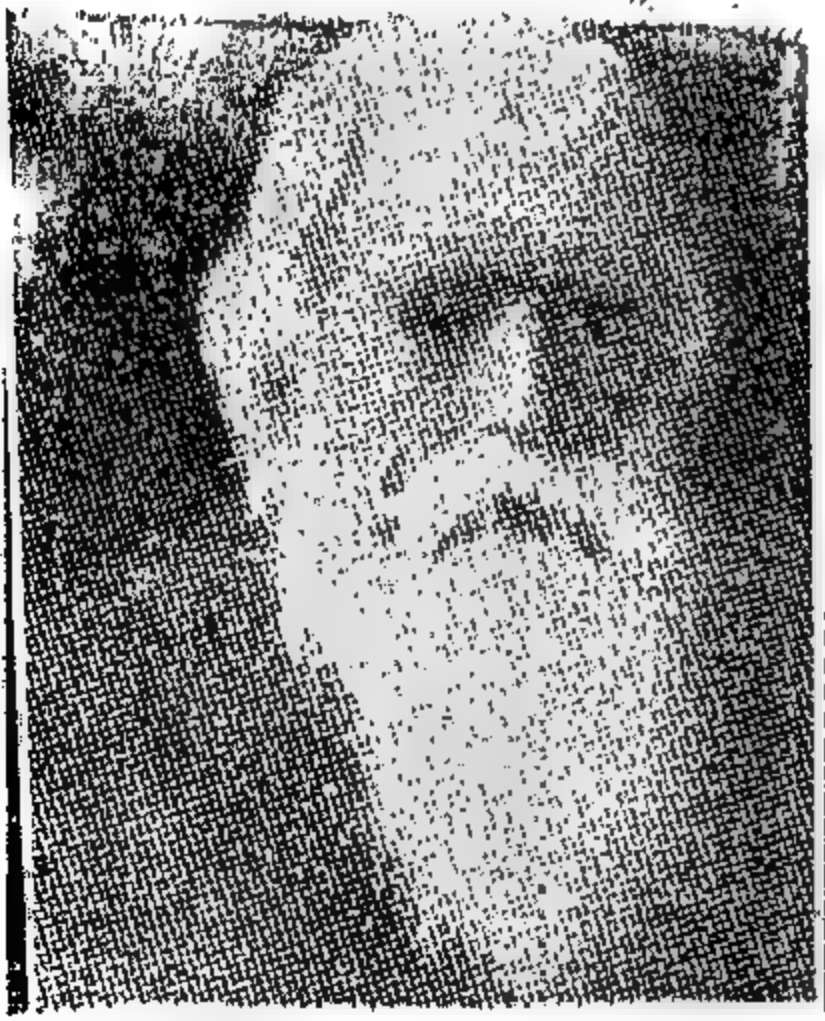
واخترع بعد ذلك ما سماه « الشعلة الكهربائية » وهي قضيب قصير من مسحوق البلاتين المخلوط بالجير . ولكنه انتهى بعد ذلك إلى أنه لا شيء يفنى بالغرض إلا سلك من الكربون . ومن الغريب أن مجوزيف سوان بانجائرا كان قد وصل في الوقت ذاته إلى نفس النتيجة . ولم تكن المسألة مسألة توارد في الخواطر بل كانت نتيجة حتمية لمقدماتها التجريبية ، فقد كان المخترعان على بعد المسافة بينهما يسيران في اختراعهما جنباً إلى جنب أي يتبعان نفس الخطوات ، فوصلا في النهاية إلى نتيجة واحدة . وقد حصل إديسون على

نتائج طيبة بخلطه السناج والقطران ، ثم سحبهما معاً وجعلهما سلكاً رفيعاً . أما سوان فقد نقع خيطاً من السكر بون في حامض كبريتيك فحوله إلى مادة تشبه جلد الكتابة . ثم سود لونه بتمريره إلى حرارة شديدة . ونجح كلا المخترعين نجاحاً عظيماً ، وصنعا مصابيح ملائمة من جميع الوجوه .

وسجل كل منهما اختراعه ، وحدثت بينهما منافسة شديدة استغرقت زمناً ، ولكنهما رأيا في النهاية أنه خير لهما أن يتصافيا ويصبحا صديقين لا أن يظلا عدوين . وفعلاً تحالفا وصنعت مصابيحهما بطريقة واحدة ، واتفقا على تسميتها باسم « إديسوان » الذي هو مزيج من اسميهما . فالقطن ينقع في محلول كلورور الخارصين ، فيعطى مادة كالمجينة ، ثم تضغط هذه المجينة لتخرج من خلال ثقب ضيق ، فتنبثق منه على شكل خيط رفيع . ثم يسود هذا الخيط بالتسخين في بودقة مقفلة مصنوعة من الجرافيت ، وبذلك يتم صنع الليفة المطلوبة . وسميت الليفة شريطاً .

جوزيف سوان

وإخال أن لا بد قبل المضي في الشرح من كلمة عن هذا المخترع الانجليزي العظيم جوزيف سوان . فقد ولد في سندرلند سنة ١٨٢٨ وتلقى العلم في منزله فلم يلتحق بمدرسة ولا جامعة ، شأنه في ذلك شأن زميله إديسون ؛ وتعلم في حانوت صيدلي في بلده هذه حتى حذق الصيدلة ، ثم اشتغل بالكيمياء وصار وكيلاً لشركة الكيماويين الصناعيين في نيوكاسل ثم مساهماً فيها ، وأدى به اشتغاله في الكيمياء



الصناعية إلى ابتكار تحسينات في الألواح الفوتوغرافية . وقد سجل سنة ١٨٦٢ اختراعه الأول الخاص بالطباعة الكربونية الشمسية . وفي سنة ١٨٨٠ ابتكر المصباح الكهربائي الذي نحن بصدد ، ثم واصل اختراعاته الكهربائية بعد ذلك . واختير سنة ١٨٩٤ عضواً في الجمعية الملكية البريطانية . وعين سنة ١٨٩٨ رئيساً لمعهد

(شكل ٨٠)

المهندسين الكهربائيين في إنجلترا ، وظل شاغلاً له عشر

سنين . وفي سنة ١٩٠١ اختير رئيساً لشركة الصناعات الكيماوية ، وفي هذه السنة منحه جامعة درهام شهادة الدكتوراه الفخرية في العلوم D.Sc. وأخيراً رقى لطبقة الأشراف ومنح لقب سير . وتوفي في مايو سنة ١٩١٤ .

ومن هذا يتضح أنه لم يسع وراء الحصول على إجازة علمية ، بل إن الإجازة العلمية هي التي سعت إليه .

الوعاء بعمر الشريط

ولنعد إلى استئناف البحث فنقول إن الخطوة التي يتحتم أن تلي اختراع الشريط الصالح هي أن يوضع ذلك الشريط في كرة زجاجية لا أثر للهواء فيها ، لأنه إذا لامس أصغر مقدار من الهواء الشريط وهو متوهج فإنه يحترق على الفور . وكان من السهل جدا تفريغ الهواء كله تقريباً من الكرة الزجاجية ، أو أن يترك فيها جزء من غاز لا يسبب للشريط تلقاً . ولكن الشيء الصعب هو تركيب الشريط في الكرة وإمكان تسيير تيار فيه من الخارج .

وقد تم هذا عن طريق صهر أسلاك بلاتينية رفيعة في الزجاج . ولا يخفى أن الأسلاك البلاتينية هي الأسلاك الوحيدة التي لا تكسر الزجاج ، لتساوى تمدد البلاتين والزجاج بالحرارة ، ومن ثم لا ينكسر الزجاج . ويوصل الشريط بالسلك البلاتيني بمجينة خاصة . فإذا ما تم هذا يفرغ الهواء من الكرة ثم تسد من أسفلها بصهرها . وتسمى الكرة الزجاجية بصلة ، ويوضع لها عند رقبتها طوق من النحاس ، إما أن يكون محويا وإما أن يخرج منه مساران لكي يمكن تثبيته في طوق خارجي محوي أو به فتحتان يستقر فيهما المساران . ويتصل بالطوق الخارجي التيار الكهربائي . وتستعمل الآن أسلاك رفيعة من التنجستن بدلا من الكربون لكي يقوم مقام الشريط في المصابيح الكهربائية المتوهجة .

ويجىء التيار المصابيح من مصنع خاص يحتوي على آلة بخارية أو آلة ذات احتراق داخلي تدير آلة كهربائية أخرى اسمها الدينامو . والدينامو أساسه التيارات التأثيرية التي

استكشفتها فرداى مما سنفصله فى الفصل القادم الخاص بفرداى الذى قضى حياته كلها فى البحث وراء الحقائق الجديدة ، إذ أن الرجل لم يكن يفكر بادى بدء فى الفائدة التى يجنيها بنو الإنسان من كشوفه لأنه كان يعلم حق العلم أن من ورائه مهندسين ومخترعين على أهبة للانتفاع بكشوفه . وجدير بالمستكشف والمخترع أن يعمل معاً يداً بيد . فالمستكشف يظهر الطريق التى بها تتم الكشوف العلمية ، والمخترع يطبق هذه الكشوف عملياً . والخير الذى يصيب الإنسانية منهما يعود بالأكثر إلى المخترع الذى يعترف له بالفضل أولئك الذين سعدوا بمخترعاته التى رفعت لهم الحياة فى غير جهة واحدة .

على أن اطراد التقدم فى الكشوف العلمية يجعلنا نعتقد أن الإضاءة لا بد متطورة مع هذه الكشوف . ويبدو لنا أن ضوء المستقبل سيكون ذلك الضوء الذى لا تصحبه حرارة غير منظورة من أمثال ضوء اليراعة . والعلم إذا سيطر على المادة وتكوينها فإن كثيراً من العقبات يزول بطبيعة الحال من طريق المخترعين ، لأن الإنسان إذ ذاك لن يقف مكتوف اليدين إزاء العناصر والمركبات الحاضرة ، بل سيكون قادراً على تعديلها التعديل الذى يلائم حاجاته .

الفصل السادس عشر

ميخائيل فرداي

الرجل الذي وضع أساس علمين خطيرين مع أنه عاطل من الإجازات العلمية



غريب أن يكون الرجل الذي عمل كثيراً في تقدم علم الكهرباء وما يتصل به من الفاحيتين الهندسية والكيمائية ابن حداد لندي . لم يتزود من العلوم المدرسية بغير مبادئ القراءة والكتابة والحساب ، ولم يقض وقت فراغه في غير المنزل والطريق . ابتداءً وهو في الثالثة عشرة يشتغل لكسب قوته في دكان يعمل صاحبها في تجليد الكتب وبيع القديم منها . فلما انقضى عليه عام واحد تعلم صناعة تجليد الكتب وأتقنها ، ولكنها كانت صناعة لا تلائم أطماعه وإن تكن أتاحت له قراءة كثير من الكتب التي أتمت له ما نقص من أمر تعليمه ، والتي منها استمد

(شكل ٨١) ميخائيل فرداي

ما مكنه من إجراء تجارب كيمائية وأخرى كهربائية . وكان يحضر بعض المحاضرات التي تلقى في العلوم الطبيعية متى ما دفع له غيره رسوم حضور هذه المحاضرات .

وعند ما بلغ سن الرشد (٢١ سنة) كان قد استمع لأربع محاضرات ألقاها في المعهد الملكي بلندن سير همفري ديني الذي اخترع مصباح الأمن المستعمل في المناجم ، فتأقت

نفسه إلى أن يكون من رجال العلوم ، واعتزم منذ ذلك الحين أن يهجر صناعة تجليد الكتب وما إليها من المهن لكي يخلص إلى الاشتغال بالعلوم الطبيعية . وكان بطبيعته يكره الحرف ، ويعتقد أن رجال العلم أجمعين أهل طيبة ورحمة ، وأن العلم هو الذي جعلهم كذلك . فكتب إلى ديفي يرجو أن يقبله مساعداً له في المعهد ، وأرسل إليه مذكراته التي كان قد عني بكتابتها عما سمعه من المحاضرات كشهادة يركي بها نفسه . وأفضى إلى ديفي في رسالته أن أعز أمنية لديه أن يقفوا أثره . فتلقى ديفي رسالته بالقبول ورد عليه يقول :

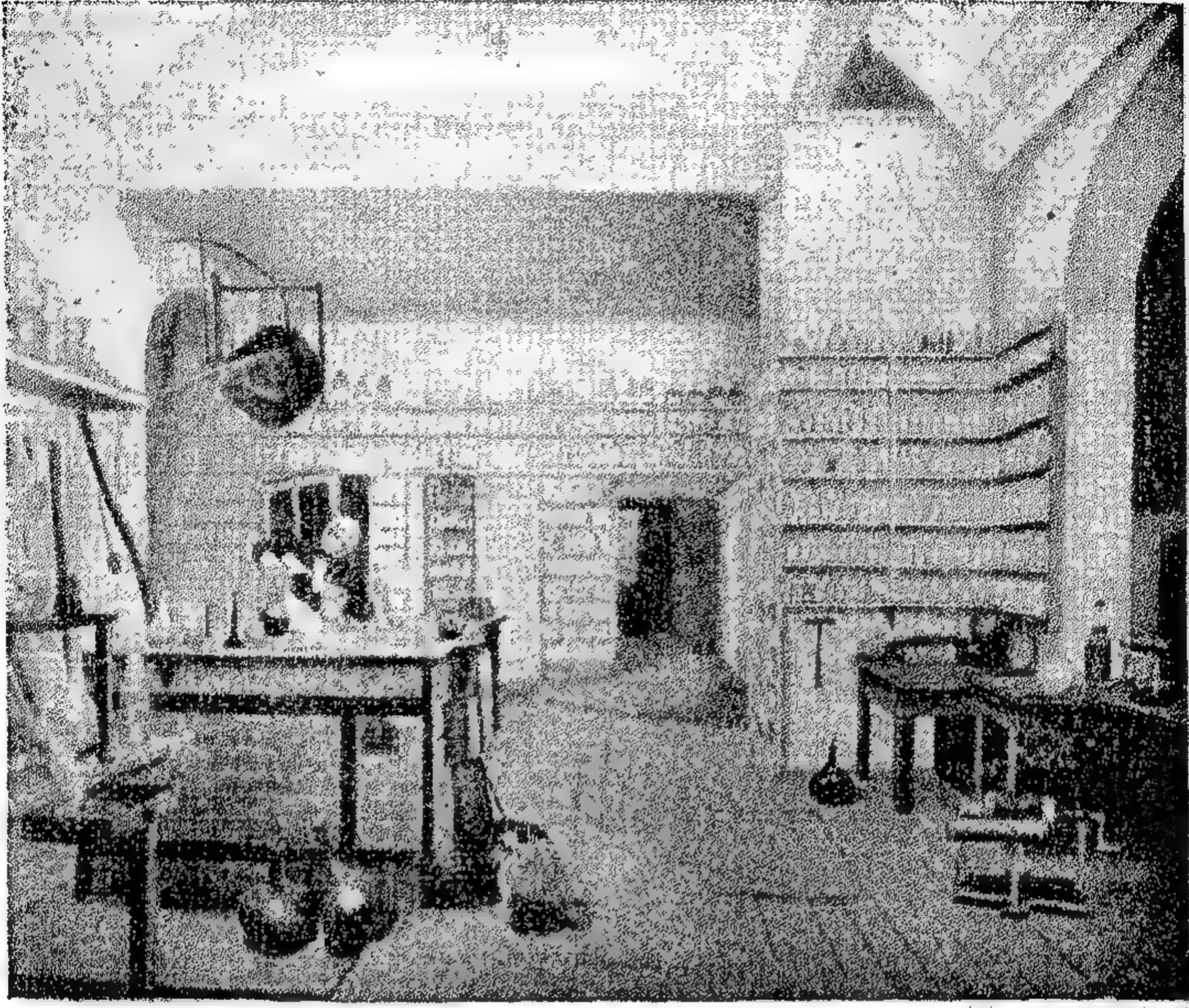
« لقد سرني ذلك الدليل الذي قدمته إلى عن وثوقك بنفسك ، والذي أبان عن غيرة عظيمة وذاكرة قوية وانتباه شديد . وأنا الآن مضطرب لمغادرة لندن والتغيب عنها حتى آخر يناير ، أما بعد ذلك فإني منتظر في أي وقت تشاء . ويسرني كثيراً أن أتمكن من مساعدتك ، وأرجو أن يكون في وسعي مساعدتك » .

وتاريخ هذا الخطاب ٢٤ ديسمبر سنة ١٨١٢ .

وقد بر ديفي بوعده ، وعينه في السنة التالية مساعداً له في المعهد الملكي ، واصطحبه في رحلة قام بها في القارة الأوروبية . ولما عاد فرداي سنة ١٨١٥ إلى لندن بدأ حياته العلمية ، ونشر أول رسالة له في السنة التالية ، وأخذ نجمه منذ ذلك العهد في الصعود حتى بلغ منتهى ما يأمله الباحثون من الشهرة وعلو المنزلة . ولما بلغ الثلاثين تزوج وجاء بزوجه إلى المعهد الملكي حيث عاشا معاً ست سنوات . وفي سنة ١٨٢٤ انتخب عضواً في الجمعية الملكية ، وفي سنة ١٨٢٥ خلف ديفي في رئاسة المعهد الملكي .

ويروى عن فرداي وهو صغير أنه سقط وهو يلعب من فتحة في سقف دكان أبيه ، وكانت الفتحة تعلو السندان مباشرة . فكادت هذه السقطة تقضي عليه لولا أن أباه كان مشغولاً في عمله منحنياً فوق السندان فسقط على ظهره . ولولا ذلك لكان قضى نحبه ، وتغير من جراء ذلك تاريخ العلوم الحافل بكشوفه .

ومباحث فرداي في الفيزيكا دارت حول موضوعات شتى متعددة ، ولكن أكثرها



(شكل ٨٢) فرداي في معمله بالمعهد الملكي

وأخطرها كان في الكهربية والمغناطيسية . ونحن لا نغالي إذا عددناه أعظم باحث عملي في هذا العلم على الإطلاق .

كشف ظاهرة الدوران المغناطيسي الكهربي

سبق أن ذكرنا في حديثنا عن « التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي » كشف أرسطد الخاص بتأثير التيار في الإبرة المغنطة ، وإدراكه في النهاية وجود ما نعبّر عنه الآن بالجال المغناطيسي للتيار الكهربائي ، ووصفه وصفاً لا يتناقض وما نعلمه الآن .

فترتب على كشف أرسطد هذا أن كشفت ظاهرة كان ولا يزال لها شأن كبير في علم الكهربية وتطبيقه في شؤون الحياة . فتجربة أرسطد وما تلاها من بحوث أمبير دلت على أن القطب الشمالي للإبرة المغنطة يميل إلى التحرك حول محيط دائرة مركزها على السلك ومستويها عمودي عليه متى أصر في السلك تيار كهربائي ، ولكن لم يكن يوجد ما يعزز هذا الرأي من الوجهة العملية ، أي لم تكن قد أجريت بعد تجربة ما تدل على

حقيقة دوران القطب المغناطيسى حول السلك المار فيه التيار الكهربائى . وكذلك خطر لكثير من العلماء فى ذلك العهد احتمال دوران السلك المار فيه التيار حول القطب المغناطيسى ، فى الاتجاه المضاد لاتجاه انحراف ذلك القطب حول السلك .

واتفق فى ذلك العهد أن طلب محرر إحدى المجلات العلمية الانجليزية من فرداى أن يكتب بيانا عن نشوء علم المغناطيسية الكهربائية لكي ينشره فى المجلة ، فأخذ فرداى فى صيف عام ١٨٢١ فى إعداد مقالاته ، ورأى أن يعيد بنفسه جميع التجارب التى يريد ذكرها ، حتى يكون على تمام البينة من أمرها . فاشتغاله بهذه التجارب جعله يبتكر فى شهر سبتمبر من تلك السنة وسيلة يستطيع بها تحريك هذا السلك حول القطب المغناطيسى . وقد نجح فى إحداث كلتا الحركتين نجاحا تاما أثار عليه حقد منافسيه حتى رموه باطلا باستثنائه بما ليس له حق فيه .

« وطريقته فى جعل القطب المغناطيسى يدور حول السلك أو الموصل المار فيه التيار أنه هيا إبرة ممغنطة خفيفة بحيث انغمست وهى فى وضع رأسى فى إناء به زئبق ، وكان أحد قطبيها بارزا فوق سطحه ، ثم أتى بسلك متصل بأحد قطبي بطارية ، وكان قطبها الآخر متصلا بالزئبق ، وثبت السلك رأسيا وطرفه الخالص مغمور فى الزئبق ، فشاهد أن القطب البارز أخذ يدور حول السلك .

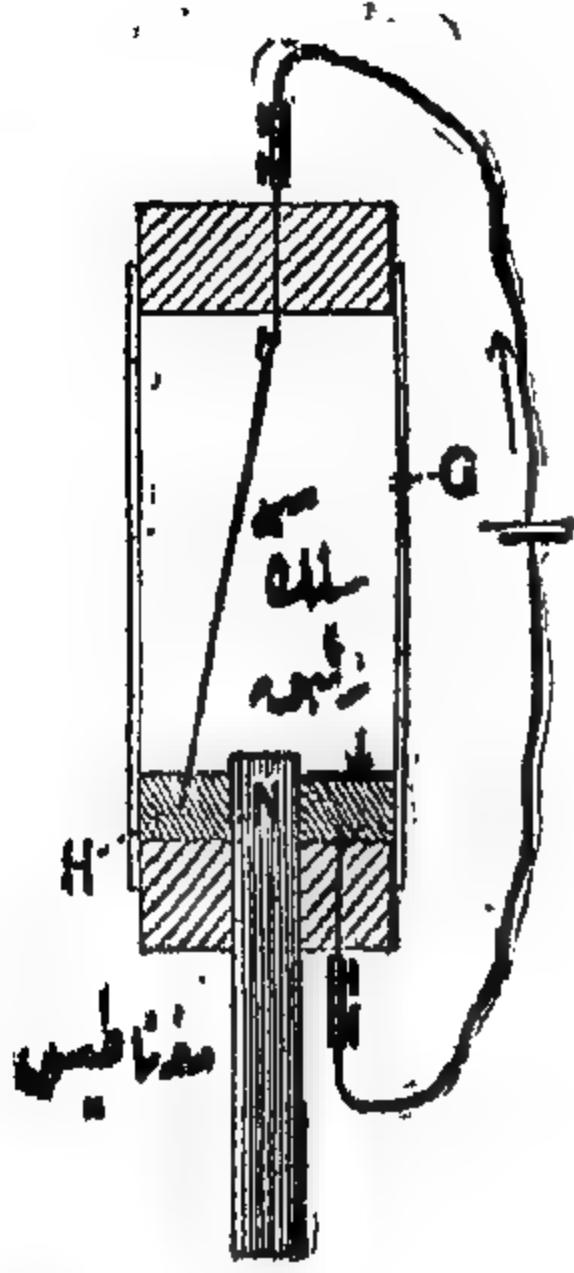


(شكل ٨٣) إبرة فرداى

المغناطيسية تدور حول السلك

« وطريقته فى جعل السلك يدور حول القطب أنه ثبت قضيبا ممغنطا فى وضع رأسى فى إناء به زئبق بحيث كان أحد قطبيه بارزا فوق سطح الزئبق ، وعلق من فوقه سلكا مستقيما متصلا بخطاف من المعدن ، بحيث كان السلك قابلا للتحرك حركة مخروطية حول الطرف الأعلى للمغناطيس ، والطرف الأسفل للسلك مغمور فى

الزئبق . فرأى أنه إذا ما اتصل أحد قطبي بطارية بالخطاف المعلق منه السلك ، واتصل قطبها الآخر بالزئبق ، أخذ السلك المار فيه التيار فى الدوران حول القطب المغناطيسى . « وقد كانت تجارب فرداى هذه فاتحة بحوثه الشهيرة فى المغناطيسية الكهربائية ،



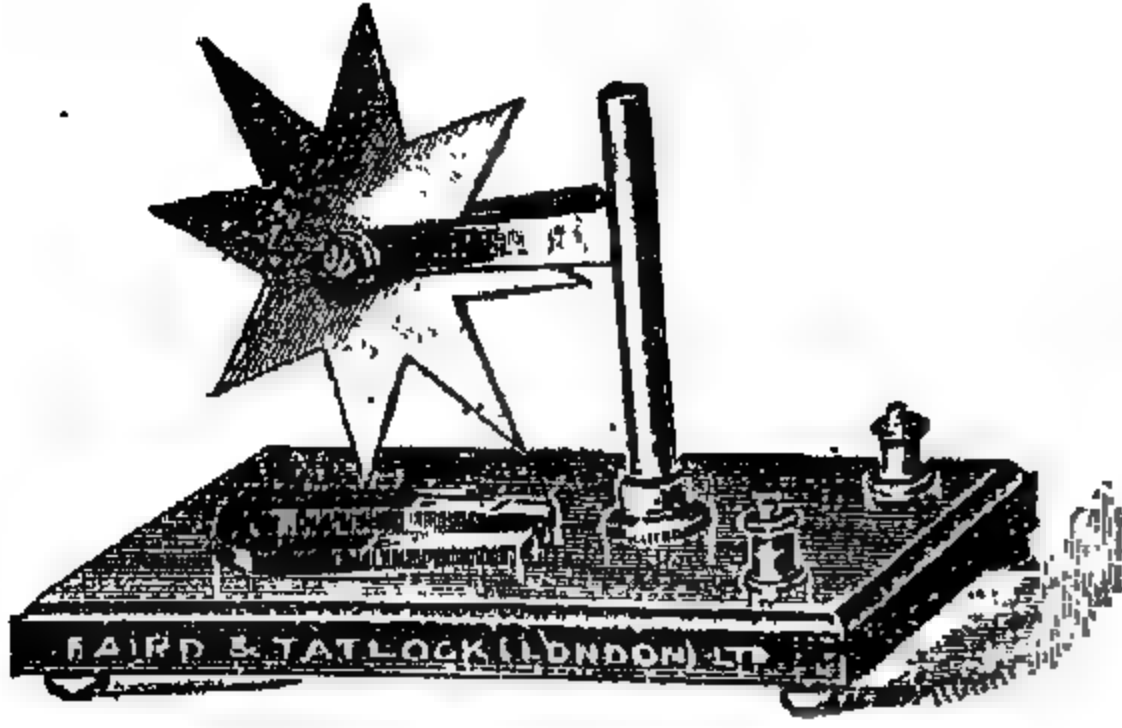
(شكل ٨٤) السلك يدور
حول قطب مغناطيسي

واهتمدى بها كثير من العلماء فى إجراء تجارب أخرى متنوعة تبين حركة السلك أو الموصل المار فيه التيار الكهر بائى والقطب المغناطيسى أحدهما بالنسبة إلى الآخر كتجارب بارلو (١٧٧٦ — ١٨٦٢) أحد علماء الرياضه فى انجلترا وغيره من العلماء ، وهى التى بينت إمكان إحداث الحركة من جراء التأثير المتبادل بين الموصلات التى تنقل التيار الكهر بائى وبين المغناطيسيات ، فكانت مبدأ لنشوء المحركات (الموتورات) التى يعد استخدامها فى الحياة العملية من أهم تطبيقات الكهر بائية .

كشف التيارات التأثيرية

وهل قنع فرداي بما أحرزه من نجاح فى هذه المسألة ؟ كلا بل أخذ يبحث فى مسائل أخرى . خطر له أنه إذا كان بوساطة التيار الكهر بائى يمكن إحداث المغناطيسية فهلا يمكن بوساطة المغناطيس إحداث التيار الكهر بائى ؟ وبدأ يختبر بالتجربة . ما بلغ ذلك من الصحة . فهاذا صنع ؟ لقد جاء بسلكين وشدهما متجاورين ، ووصل طرفى أحدهما ببطارية كهر بائية . ولكى يدرك ما إذا كان قد سرى فى السلك الجاور تيار آخر جاء بإبرة صغيرة ممغنطة وقربها منه ليرى هل تنحرف عليه دالة على وجود تيار فيه ، أم لا تنحرف دالة على عدم وجود تيار فيه . والسكن الإبرة لم تتحرك . فوصل طرفى هذا السلك الخالص بجلفانومتر ، وهو جهاز أكثر حساسية فى إدراك التيار من الإبرة . وهو يتركب من ملف من السلك وضع فى مركزه إبرة مغناطيسية صغيرة . فالتيار يمر فى هذا الملف تارة فوق الإبرة فى اتجاه ما ، وتارة أخرى تحتها فى اتجاه مضاد ، محاولا فى كل حالة أن يجعل الإبرة تنحرف فى اتجاه عمودى على الملف . وكلما زاد عدد لفات السلك فى الملف كان التأثير أقوى . وبهذه الطريقة توقع فرداي أن يدرك وجود تيار ضئيل جدا فى السلك .

غير أن التيار الأسمى سرى فى السلك الأول زمنا طويلا دون أن يتأثر الجلفانومتر ، دالا بذلك على عدم مرور تيار البتة فى السلك الثانى . وقد بدا ذلك غريبا جدا لفرداي

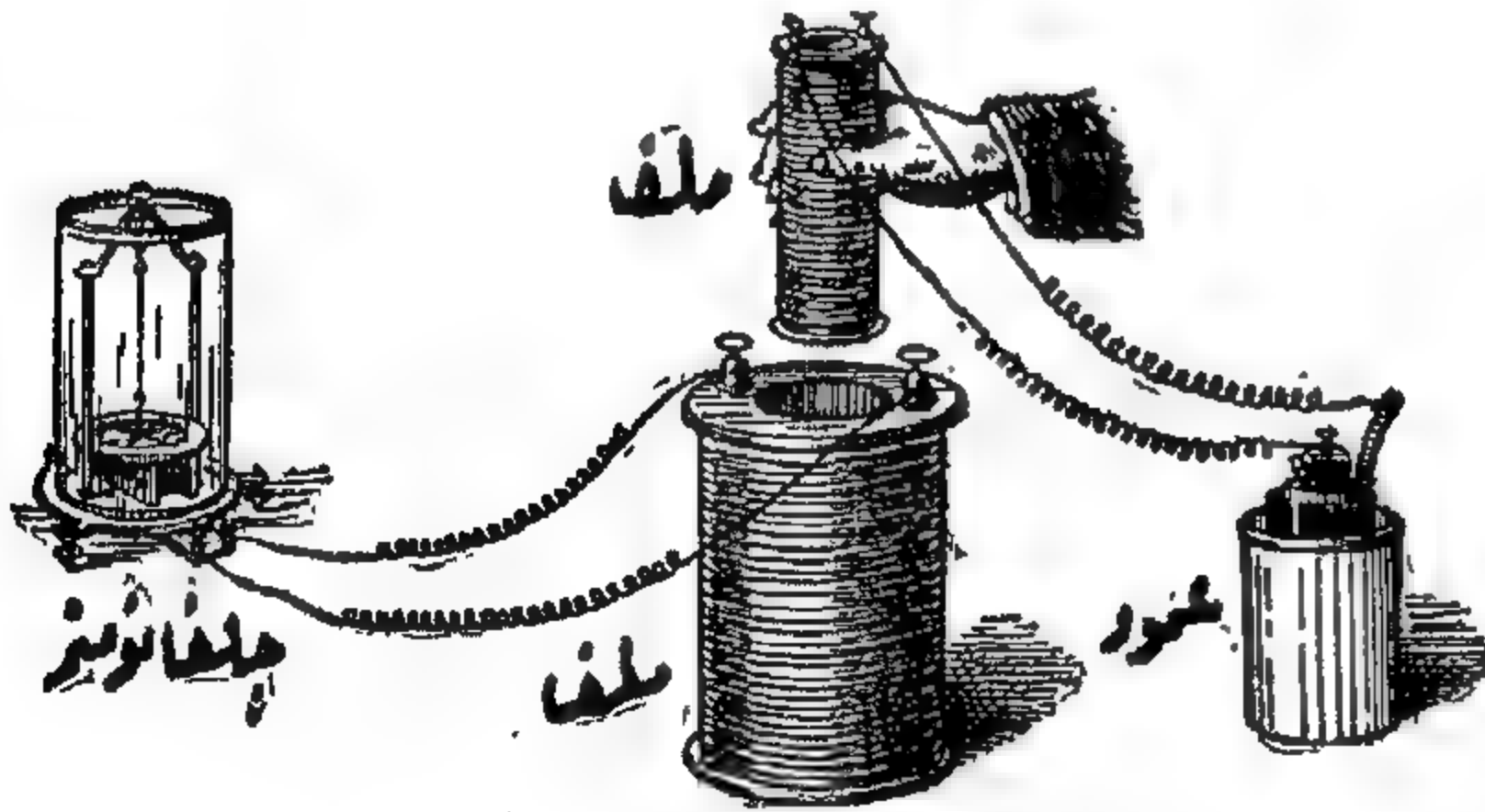


(شكل ٨٥) عجلة بارلو

لأن المعروف أن الأجسام إما أن تكون مغناطيسية وإما أن تكون كهربائية ، وذلك عند تقريبيها من أجسام أخرى ممغطة أو مكهربة . فكان طبيعياً لديه إذن أن يفترض أن ملفاً من الأسلاك يصح أن يسرى فيه تيار كهربائي

إذا قرب من ملف آخر يسرى فيه فعلاً تيار كهربائي . ولم يكن لديه طريق موصل لذلك غير التجربة فبدأها كما قلنا ولم يصادف نجاحاً . فلما عاد إليها مرة أخرى بعد ذلك بأربع سنين لم ينجح أيضاً ، فأعاد الكرة مرة ثالثة ولم يثبط همته ما أصابه من فشل في كل مرة .

وفي شهر أغسطس من سنة ١٨٣١ ، وكان قد مضى على تجربته الأولى في هذا الصدد سبع سنين ، تحول الظن إلى حقيقة ، وثبت له في الواقع حدوث التيارات التأثيرية ، واتخذ في تجربته التي أجراها حلقة من الحديد المطاوع جعل حولها ملفين من سلك معزول من النحاس وصل طرفي أحدهما ببطارية تحتوي على عشرة أعمدة ووصل طرفي الآخر بجلفانومتر ، فرأى أنه إذا أسر التيار الكهربائي في الملف الأول انحرفت إبرة الجلفانومتر ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول ، دالاً ذلك على حدوث تيار تأثيري وقتي . وكذلك رأى أنه إذا



(شكل ٨٦) التيارات التأثيرية

انقطع التيار الساري في الملف الأول انحرفت عند انقطاعه إبرة الجلفانومتر في الاتجاه المضاد ، ثم عادت بعد قليل إلى موضعها الأول ، دالاً هذا أيضاً على حدوث تيار تأثيري وقتي يسير

في اتجاه مضاد لاتجاه الأول . وشك فرداي في الأمر ومضى يسأل نفسه هل هذا هو التيار التأثيري الذي توقعه . وكتب لصديق له يقول : « أظنني قد عثرت على أمر خطير ولكنني لا أستطيع الجهر به ، فقد يكون عشباً لا سمكاً ذلك الذي انتشلته واستخرجته بعد كل ما بذلت من جهود » .

وكان فرداي في إجراء التجارب لا يشق له غبار ، وطريقته في ذلك خير مثل يحمذى في البحث العلمى التجريبي . فهو عند ما كان يجد نتيجة لا ينتظرها يغير التجربة ويقلبها على عدة وجوه لسكى يمحص الأسباب والنتائج . ولذلك رأى أن يحاول الحصول على تيار عن طريق مغناطيس لا عن تيار آخر . فأخذ اسطوانة من الحديد المطاوع ، وجعل حولها ملفاً من سلك معزول من النحاس ووصل طرفيه بجلفانومتر فرأى أنه إذا قرب من طرفى الاسطوانة قطبان مختلفان لقضيبين مغناطيسيين حدث فى الملف تيار كهربائى وقتى ، وإذا أبعد القطبان حدث أيضاً تيار كهربائى وقتى غير أن اتجاهه عكس اتجاه الأول .

وقد كان لهذا الاستكشاف الجديد خطره البعيد الأثر ، حيث أثبت حدوث التيار الكهربائى بتأثير المغناطيسية . واستجسته نجاح هذه التجارب على متابعة البحث ، فاف سلكين معزولين طويلين لفا لولبيا حول ساق من الخشب ، وكان أحد السلكين حول الآخر ، ووصل طرفى أحدهما بجلفانومتر وطرفى الآخر ببطارية قوية ، فرأى أنه إذا أمر التيار فى هذا الملف حدث فى الأول تيار تأثيرى وقتى فتنحرف إبرة الجلفانومتر فى اتجاه معين ، وإذا انقطع التيار حدث تيار تأثيرى وقتى فى الاتجاه المضاد .

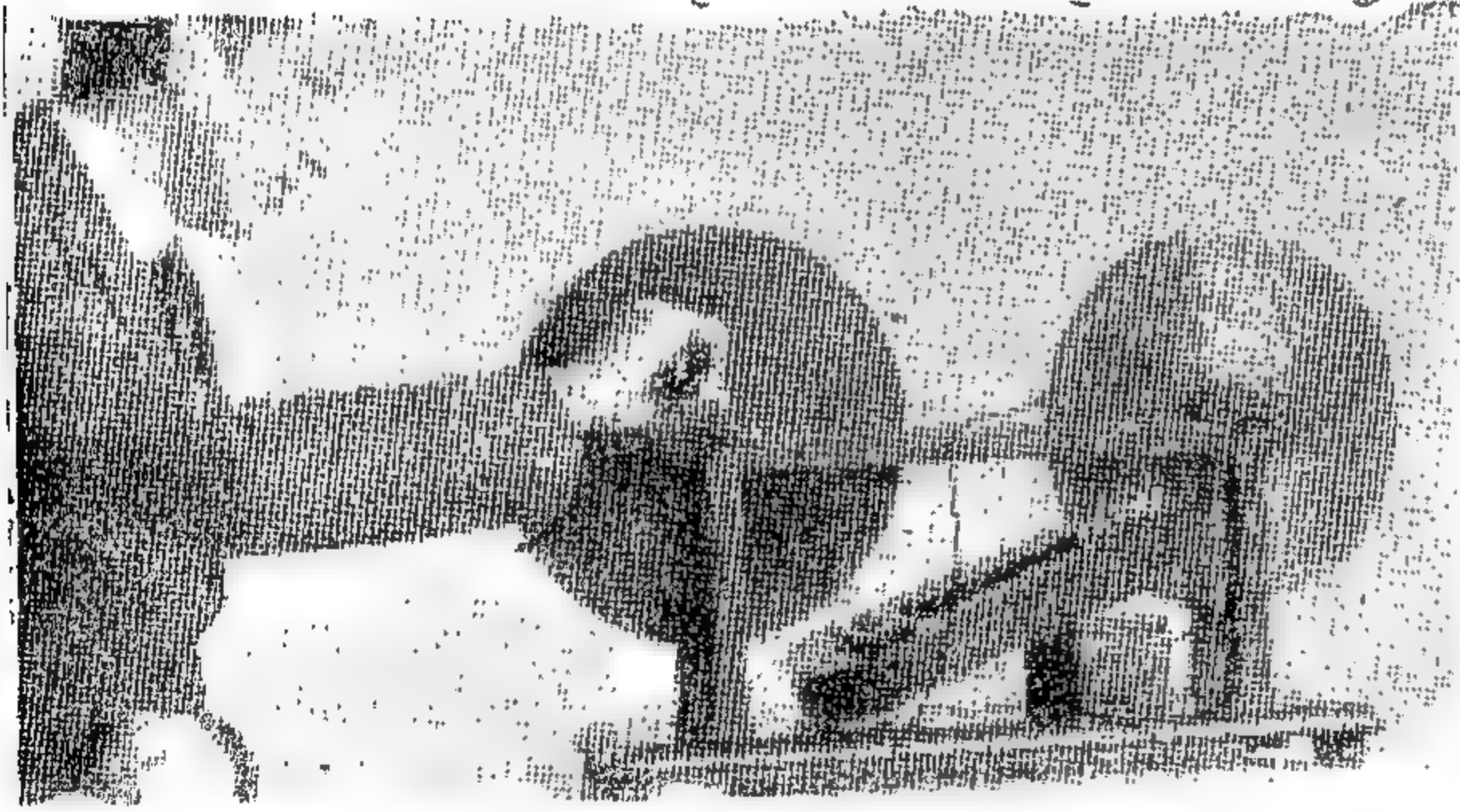
أمثال هذه التيارات سميت « التيارات التأثيرية » وهى معروفة اليوم لكثيرين عن طريق « ملفات التأثير » التى تستعمل فى كهربية الإنسان وتسبب شعوره بما يشبه الوخز . وبدلاً من إرسال تيار خلال ملف موجود داخل ملف آخر يصح أن تجبىء بملف يسرى فيه تيار ثم تدخله فى ملف آخر متصل بجلفانومتر وتخرجه منه . فعند دخول الملف ذى التيار أو خروجه تتحرك إبرة الجلفانومتر دالة على مرور تيار تأثيرى وقتى فى الملف الآخر .

وبين فرداي أن التيار التأثيرى يحدث فى سلك أو موصل إذا تحرك بالقرب من المغناطيس . ومن تجاربه التى تدل على هذا تجربة القرص المعروف باسمه ، وهى تجربة مشهورة تتلخص فى أنه إذا أدير قرص من النحاس بين قطبي مغناطيس كهربائى قوى ووصل بين محور دورانه وحافته بموصل أو سلك مر فيه تيار كهربائى فى أثناء دوران القرص .

ومن الغريب أن هذه الكشف قد تتالت في فترة وجيزة وتمت في أقل من أسبوعين ، وهي من معالم الكشف في تاريخ التقدم العلمى إذ كانت فاتحة دور جديد من أدوار علم الكهرباء ، وكانت آثارها في العمران ما نرى الآن من تطبيقات الكهرباء في شؤون الحياة .

الدينامو وهو أساس علم الهندسة الكهربائية

وأصبحت المدن تغذى بالتيارات الكهربائية التأثيرية لكي تستخدمها في أعمال الإضاءة والمحركات وقطر الترام ، وفي كهربة السكك الحديدية بوجه عام . وأنشئت لذلك مصانع لتوليد الكهرباء وتلك المصانع هي المحطات المركزية التي تغذى المدن بالتيار . وإذا نحن سررنا بإحدى هذه المحطات فإننا نجد فيها آلات بخارية أو آلات بترولية مهمتها إدارة

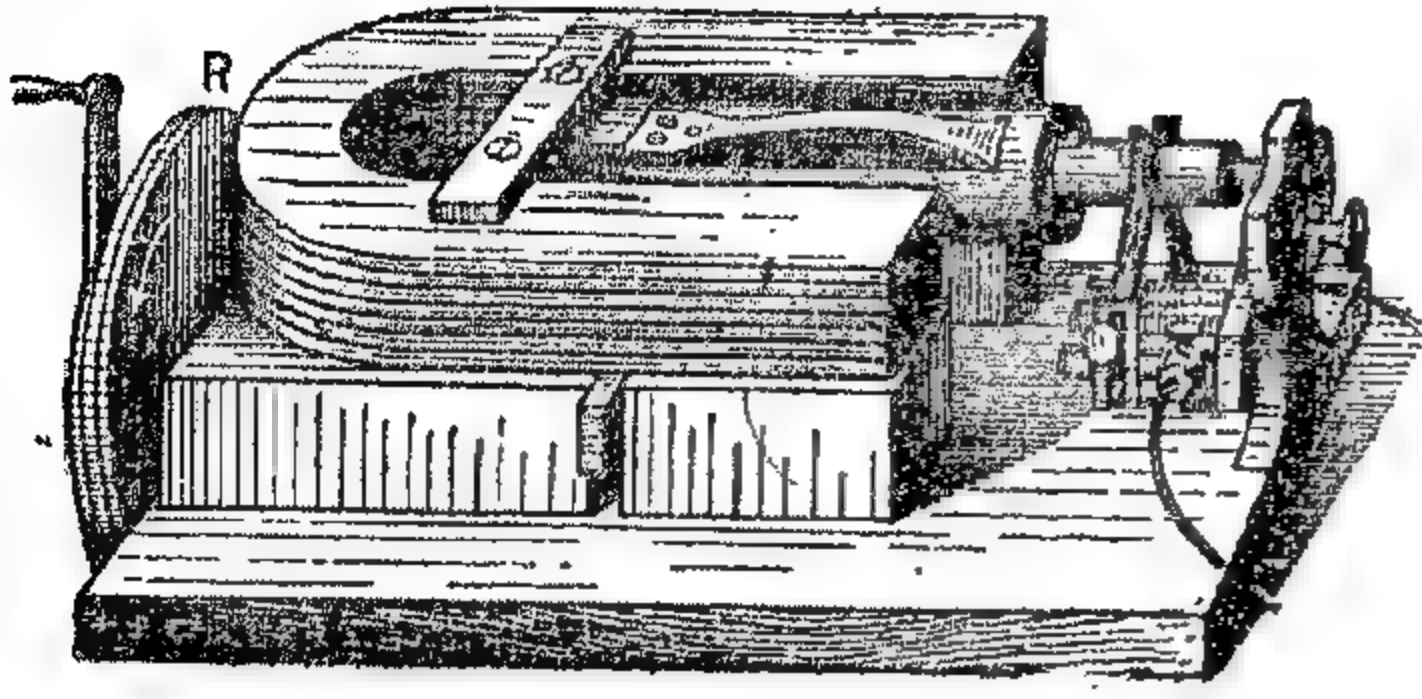


(شكل ٨٧) مولد الدينامو

آلات أخرى لتوليد التيار الكهربائى وتسمى كل آلة من هذه الآلات المولدة للتيار الكهربائى « دينامو » ويتألف الدينامو من شيتين : أحدهما المغناطيس الكبير الذى يولد المجال

المغناطيسى القوى ، والثانى مجموعة ملفات من السلك تتحرك خلال المجال المغناطيسى بوساطة الآلات البخارية أو البترولية السابقة الذكر . وكل ملف يصير عند دخوله المجال المغناطيسى أو خروجه منه محملا بتيار تأثيرى وقتى لأنه إذا تحرك ملف فى مجال مغناطيسى حدث نفس الأثر الذى يحدثه تقريب المغناطيس من الملف أو إبعاده عنه ، أو نفس الأثر لدى يحدثه إطلاق التيار فى ملف مجاور ثم قطعه كما مر بنا .

وبدأ كبار المخترعين يعملون منذ عهد فرداى لإدخال ما يستطيعون من تحسين على

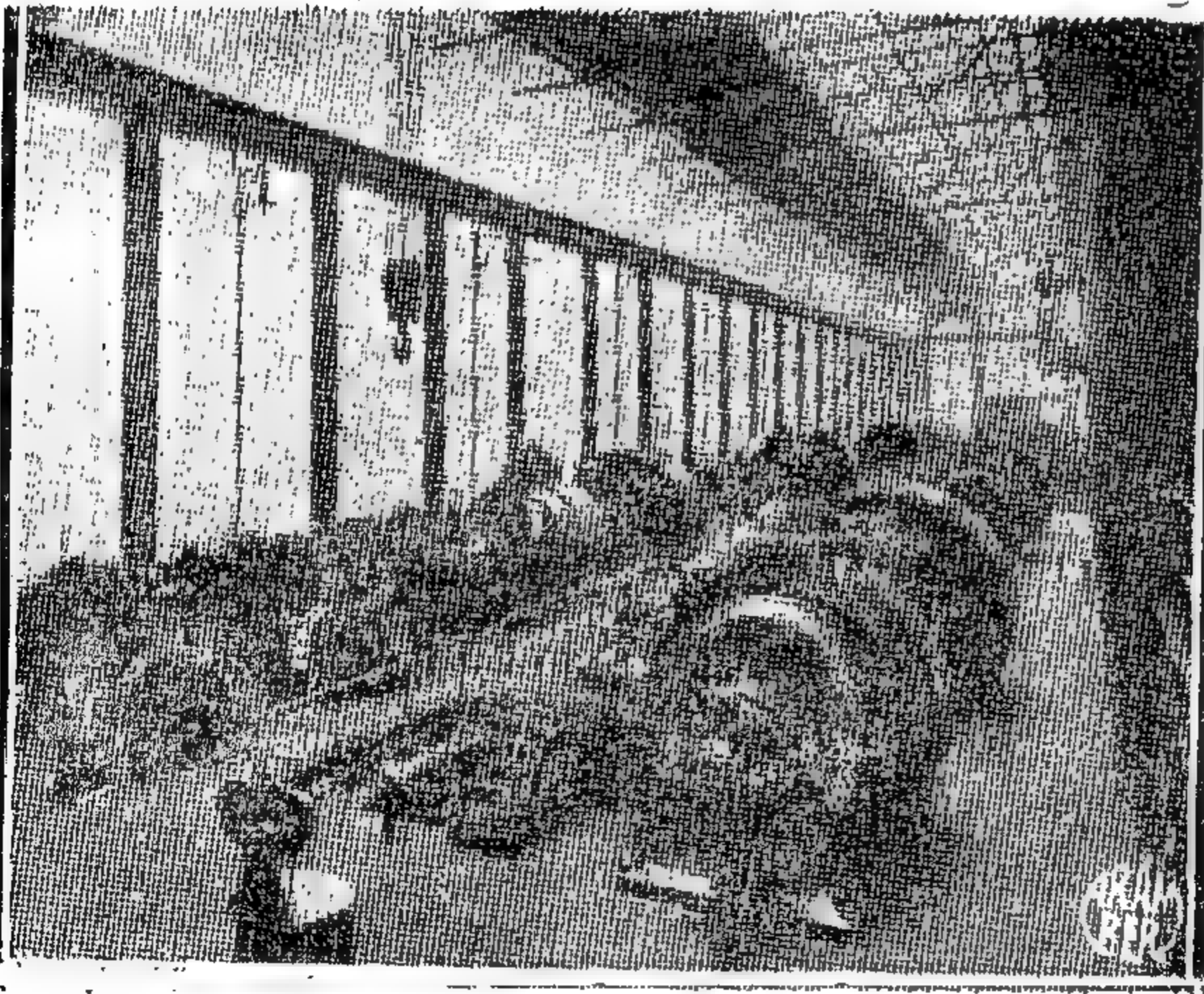


(شكل ٨٨) دينامو بسيط

الدينامو . فبعضهم اتجه صوب جمع التيارات التأثيرية الوقتية كلها لكي تكون تياراً واحداً يسير باطراد في اتجاه واحد ، واتجه البعض إلى ابتكار طرق ووسائل لزيادة قوة المجال المغناطيسي

أو سرعة الآلات ، وأصبحنا اليوم ولدينا صناعة يشتغل فيها ملايين العمال ، وكل هذا لأن رجلاً عمل في صمت وسكون ومثابرة في معمله ، يلاحظ كل شيء ولا يهمل شيئاً ، ويستخلص لباب الحقائق المدهشة من صغار الأشياء وتافهات الأمور ، وعلى هذا الأساس نشأ علم الهندسة الكهربائية .

مخطوط القوى



«ولبت فرداي عشر سنوات بعد أن وفق إلى كشف التيارات التأثيرية وهو لا يكاد يفرغ من بحث أو كشف إلا يهتدي إلى آخر . ومن بحوثه في هذه الفترة تلك التي بين بها أهمية الوسط في الظواهر المغناطيسية والظواهر

الكهربائية . فالمباحث (شكل ٨٩) مصنع توليد الكهرباء وبه ترى ديناموات في محطة للإضاءة التي حدثت في القوى الواقعة بين التيارات الكهربائية أو بالأحرى بين الموصلات التي تحمل التيارات أفضت ، أو ساعدت في مجموعها إلى الإفضاء ، إلى دخول النظرية المعروفة بنظرية « التأثير عن بعد » في علم الكهرباء والمغناطيسية ، لأن تلك المباحث لم تكن

تعنى بالوسط الذى يحدث خلاله التأثير .

« ولكن فرداى أجرى سنة ١٨٣١ تجارب بين بها أن برادة الحديد إذا انتشرت على قطعة من الورق المقوى من تحتها مغناطيس رتبت البرادة ترتيباً خاصاً تشكون منه هيئة من الخطوط المنحنية التى تعرف بخطوط القوة المغناطيسية . وأخذ يصور هذه الخطوط بنثر البرادة على قطعة من الورق المقوى المطلى سطحه بطبقة رقيقة من الصمغ ، حتى إذا انتظمت البرادة واستبان الخطوط صوب إلى سطح الورقة تياراً ضعيفاً من البخار ، فيذوب الصمغ ، وتلتصق البرادة على سطح الورقة ، ويحصل على صورة ثابتة لتلك الخطوط .

« وصور بهذه الكيفية خطوط القوة المغناطيسية فى حالات كثيرة مختلفة ، وذهب إلى أن المغناطيس ليس قضييماً من الصلب فحسب ، بل هو فوق ذلك مجتمع ومصدر لخطوط قوة ، وأن خطوط القوة هذه ذات وجود طبيعى ، وتمثل الحالة التى يكون عليها الوسط أو المكان المحيط بالمغناطيس ، وهو الذى يسمى المجال المغناطيسى ، وأنها الأصل فى مظاهر التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية .

« ورأى فرداى قياساً على ذلك أن الموصلات المتكهربة أيضاً تتصل بها خطوط قوة كهربائية ، وبين بالتجارب أن نوعى الكهر بائية يحدثان معاً بالدلك أو بالتأثير ، ويكون مقدار ما يحدث من أحد النوعين مساوياً لمقدار ما يحدث من النوع الآخر ، فلا بدع إذن أن يعتبر كل مقدار من أحد نوعى الكهر بائية متصلاً بمقدار يساويه من النوع الآخر بخط أو أكثر من الخطوط الكهر بائية ، وتكون هذه الخطوط أيضاً هى الأصل فى مظاهر التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهر بائية . . .

« وطبق فرداى رأيه فى خطوط القوة الكهر بائية أيضاً وبين بسلسلة تجارب منتظمة أن القوة الدافعة التأثيرية ، وهى التى تنشأ عنها التيارات التأثيرية التى كشفها ، تحدث كلما قطع الموصل خطوطاً من خطوط القوة المغناطيسية ، أو كلما تغيرت خطوط القوة التى تخترق دائرة هذا الموصل ، ووضع بهذه الكيفية القانون العام الذى تحدث بمقتضاه التيارات التأثيرية .

« وقامت على أساس مباحث فرداى فى خطوط القوة وأهمية الوسط فى التأثيرات



(شكل ٩٠) إحدى نتائج كشف فرداي

الكهربائية والمغناطيسية النظرية التي تنفي التأثير عن بعد ، والتي تقرر أن ظواهر الكهرباء والمغناطيسية إن هي إلا المظاهر السطحية لما يحدث في الوسط من التأثير أو الانفعال . وقد كانت هذه النظرية مثمرة ، وأدت إلى كشف ومعلومات ازداد بها العلم إتساعاً وتقدماً .

ومن الغريب أن العلامة اينشتاين في نظرية النسبية التي وضعها قد دحض بدوره نظرية « التأثير عن بعد » هذه عند ما هاجم رأى نيوتن في الجاذبية .

علم الكيمياء الكهربائية

وبحث فرداي في الصلة بين الكيمياء والكهربائية . وأوجد علماً جديداً هو « علم الكيمياء الكهربائية » ، فقد نشر فرداي سنتي ١٨٣٣ و ١٨٣٤ بحثاً خطيراً في التحليل الكهربائي ، وكانت هذه البحوث تدور حول علاقة التيار بمقدار ما يتحلل من المادة أثناء مروره فيها واستنبط منها قانونين معروفين باسمه ، وهما الخاصان بالتحليل الكهربائي . وأولهما أن كتلة المادة المتحللة تتناسب وكمية الكهرباء التي تسير في محلولها . وثانيهما أن كتلة المادة التي تتراكم أو تتصاعد عند كل قطب تتناسب والوزن المكافئ لها أي

الوزن الذى يحل محل جرام واحد من الايدروجين فى الحوامض . وقد صاغ فرداى بمناسبة هذه البحوث أكثر المصطلحات المستعملة فى التحليل الكهر بائى مثل « الأنود » أى المصعد للقطب الموجب و « الكاثود » أى المهبط للقطب السالب و « الأيون » لكل جزء من الأجزاء التى تحدث فى السوائل عند تفكك الجزيء ، وغير ذلك من المصطلحات التى ذاع استعمالها من بعده .

وله عدا ذلك بحوث أخرى خطيرة أجراها ليعزز نظريته فى أن التيار الكهر بائى الذى يستمد من الأعمدة الفولتية منشؤه التفاعل الكيميائى الذى يحدث فيها . وقد أدت بحوثه الكيميائية الكهر بائية إلى العثور على وحدة للكهر بائية غير قابلة للتجزؤ ، وسميت « ذرة الكهر بائية » أو جوهرها الفرد قياساً على « ذرة المادة » أو جوهرها الفرد ، ثم عرفت « بالالكترون » وكان لها شأن عظيم فى الفيزيكا الحديثة .

تأثير المغناطيسية فى الضوء

وأجرى فرداى عدا ما ذكرنا بحوثاً أخرى فى الاستدلال على أن الكهر بائية وإن تنوعت مصادرها وتعددت فإن تأثيراتها متشابهة وحقيقتها واحدة . وقد أجرى كل ذلك فى السنوات العشر من سنة ١٨٣١ إلى سنة ١٨٤١ . وتمثل هذه السنوات العشر دوراً من أدوار الكشوف التى يندر أن يوفق إلى مثلها شخص فرد ، وأعقبها فترة سكون نسبي فى تاريخ هذا العبقري الحافلة بحياته بأبجد الأعمال العلمية الخالدة . ولكن فترة السكون هذه لم تدم طويلاً إذ دخل ميدان العمل مرة أخرى سنة ١٨٤٥ ، وأضاف إلى كشوفه كشوفاً جديدة لا تقل خطورة أو شأناً عما استطاعه من قبل .

فبحث فى تأثير المغناطيسية فى الضوء ، ووجد أن المغناطيس القوى يستطيع أن يثنى حزمة الضوء أثناء مرورها فى مواد خاصة مثل كبريتور الكربون . ولم يكد فرداى يكشف هذه الظاهرة حتى قتلها بحثاً وأثبت حدوثها فى بعض الأجسام الشفافة ، ولا سيما ما كان معامل انكساره الضوئى كبيراً ، وكذلك فى بعض السوائل : وأرسل رسالة عنها إلى الجمعية الملكية فى نوفمبر سنة ١٨٤٥ .

أجسام مغناطيسية غير الحديد والنيكل

لم يكدر فرداي ينتهي من كشفه السابق حتى وفق إلى كشف آخر وأرسل رسالة عنه إلى الجمعية الملكية بلندن في ديسمبر من السنة نفسها . ولم يأت هذا الكشف عفواً أو اعتباطاً إذ كان له رأى في المغناطيسية لم يوفق بادئ الأمر لإثباته ، وهو أن تأثير المغناطيسية غير محتمل أن يكون مقصوراً على الحديد والنيكل من بين الأجسام كلها ، وظن أن عدم تمغطس الأجسام الأخرى قد يكون ناشئاً عن تأثير الحرارة فيها ، وقد يما كان معروفاً أن الحرارة تبطل مغناطيسية المغناطيس نفسه .

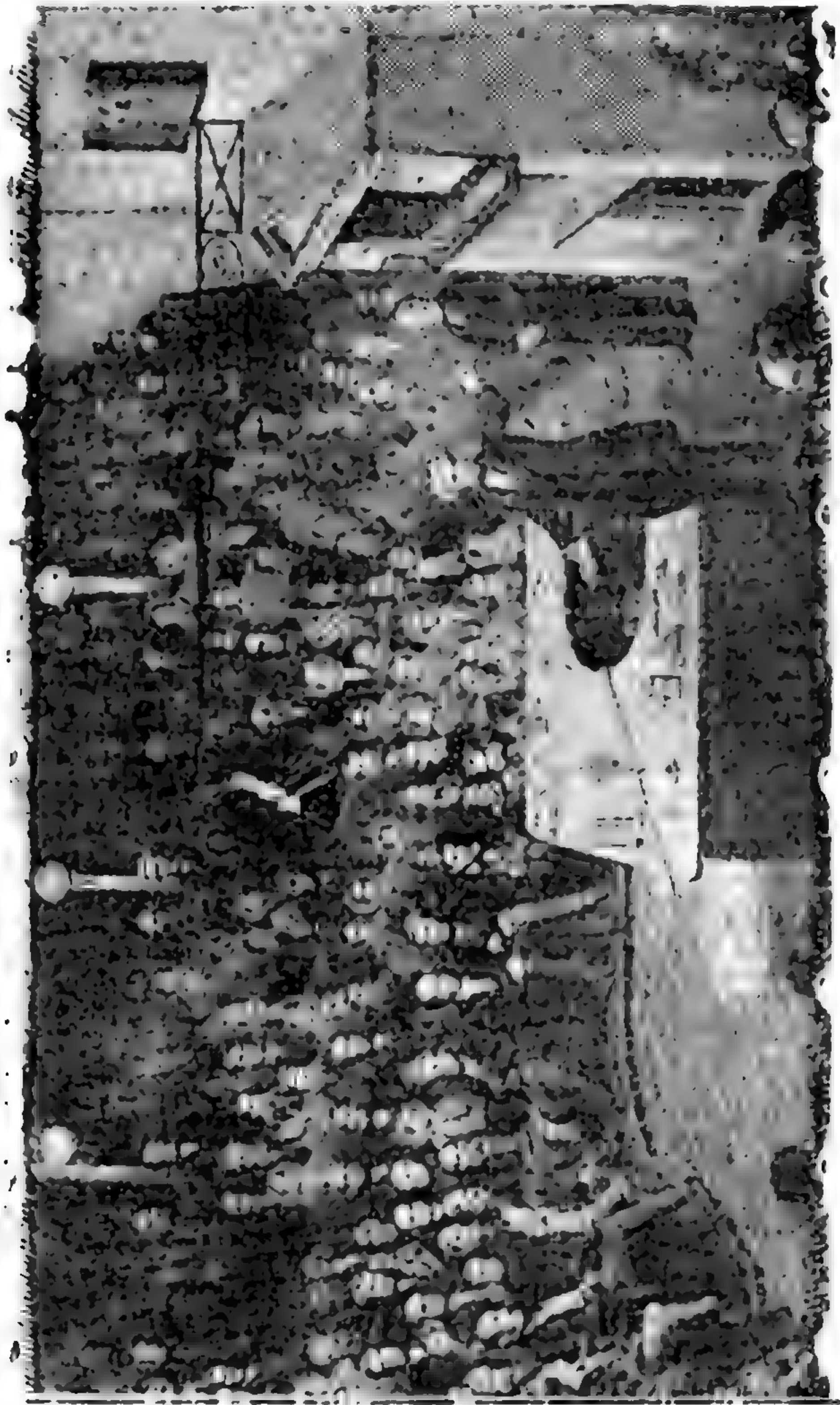
« فتدرج من مثل هذه الآراء إلى الظن بأن الأجسام التي لا يمكن تمغطسها في درجات الحرارة المعتادة قد يتيسر تمغطسها في درجات الحرارة المنخفضة ، وأجرى على أساس هذه الفكرة سنة ١٨٣٦ تجارب برد فيها بعض المعادن إلى درجة خمسين تحت الصفر المئوي ، ثم أعاد البحث سنة ١٨٣٩ وبردها إلى درجة ثمانين تحت الصفر ، وفي كلتا الحالتين لم يتحقق ظنه . ولكنه لما حصل في سنة ١٨٤٥ على مغناطيس كهربائي قوى أعاد الكرة فاستطاع بواسطته أن يبين أن الكوبلت أيضاً قابل للتمغطس مثل الحديد والنيكل . وفي ٤ نوفمبر من سنة ١٨٤٥ علق بين قطبي المغناطيس الكهربائي القوى قضيباً غليظاً من الزجاج بخيط من الحرير فإذا ما استقر القضيب في وضع معين أمر بالتيار الكهربائي في ملفات المغناطيس الكهربائي ، فشاهد له تأثيراً توجيهياً في القضيب الزجاجي . غير أن القضيب الزجاجي يُطرد عن قطبي المغناطيس بدلا من أن ينجذب إليهما كما ينجذب القضيب من الحديد مثلاً ، فتتبع فرداي كعادته في كشفه الأخرى دراسة هذا الموضوع ، وأرسل في ٦ ديسمبر رسالة إلى الجمعية الملكية ثم تلتها رسالة أخرى في ٢٤ منه ، وأثبت بمحورته هذه التي ختم بها رسالته سنة ١٨٤٥ أن كثيراً من الأجسام الصلبة والسائلة إما أن ينجذب إلى قطبي المغناطيس كما ينجذب الحديد وإما أن يطرد عنهما كالزجاج متى كان المغناطيس الذي يؤثر فيها قوياً . وسمى بهذه المناسبة الأجسام التي من الفريق الأول الأجسام البارامغناطيسية ، ويسمى ذات المغناطيسية المعتادة أو الطولية ؛ وسمى

الأجسام التي من الفريق الثاني الأجسام الدايا مغناطيسية ، ونسبها ذات المغناطيسية غير المعتادة أو القطرية .

فائمه

تلك هي أعمال الرجل الذي لم يتخرج في جامعة ، وتلك هي كشوفه التي أدت إلى ظهور علمين جديدين هما « الهندسة الكهربائية » و « الكيمياء الكهربائية » . وكان يوم سروره هو اليوم الذي يعمّر فيه على جديد يفيد العلم والعالم ، يقدمه للناس في غير نخر ولا استكبار . وكان مرحاً بشوشاً ، ويروي عنه أنه قال عن نفسه « لقد خلقني الله رجلاً مرحاً سريع التخيل ، أصدق بما في كتاب ألف ليلة وليلة كما أصدق بما في دائرة المعارف . ولكن الحقائق الواقعية كانت لي كل شيء ، وهي التي أنقذتني وهذبتني . وقد أثق بالأمر الواقع ولكن لا بد لي من توكيده » .

هذا هو الرجل العاقل من الإجازات والشهادات ، البعيد عن كل تنابذ بالألقاب . هو الرجل الذي فضل أن يظل كما هو ميخائيل فرداي دون لقب على الرغم من اللقب الذي قدم له لينخرط في سلك الأشراف . وقد أبى إلا أن يبقى فقيراً لأن الغنى في رأيه يجرمه من الاستمتاع بالوقت الذي خصصه للعلم ، عاملاً بنصيحة ديني الذي قال له ليس معنى العلم الحصول على ثروة من ورائه . وأغرم بإلقاء المحاضرات العامة في عطلة عيد الميلاد ، وظلّ يلقيها تسعة عشر عاماً ، حتى لقد صارت سنة تحتذى من بعده إلى أيامنا حيث صار فطاحل العلماء من أمثال براج وغيره يلقون المحاضرات في المعهد الملكي كل عيد ميلاد . وأصيب في أواخر حياته بفقدان الذاكرة ، وكان يستعين على ذلك بأن يضع في أحد جيوبه مجموعات من البطاقات لكي يدون فيها كل ما يريد أن يذكره . وقد حفظت إحدى هذه البطاقات ، وكان مكتوباً عليها هذه الجملة : « فلا ذكر أن أعمل الشيء على الفور ولأذكر كذلك كيف أتته ، وأن أعمل قليلاً في حالة ما إذا لم أستطع أن أعمل كثيراً » . ومنحته الملكة فكتوريا قصراً في همبتون قضى فيه بقية أيام حياته ، وظلت حجراته تحت أمره يقصدها أنى شاء . وحضرت الملكة وولي عهدا بعض محاضرات فرداي العامة . نعم كانت ملكة إنجلترا وولي عهدا يستمعان لمحاضرة فرداي الرجل العاقل من



(شكل ٩١) قاعة محاضرات ويرى فرداي فيها يلقي إحدى محاضراته العامة على جمهور من كلية القوم

الإجازات والشهادات . وكان الرجل في حياته متواضعاً ، وأراد أيضاً أن يكون في مماته متواضعاً . فقد أوصى أن تكون جنازته أبسط ما يكون ، وأن يتم دفن جثمانه في غير ماضجة ولا جليلة . وما كاد نعشه يوضع في قبره حتى ظهر أصدقاؤه المشتغلون مثله بالملوم وكانوا متوارين تلبية لوصيته وشاركوا أسرته في فجيعتها في موت النابغة العصامي في علمه وفي نبوغه . وهل يعرف الفضل إلا ذووه ؟

الفصل السابع عشر

التخاطب اللاسلكي

هو من أمهات الموضوعات الفيزيائية الواسعة التطبيق ، وسأتناول فيه الجانبين التاريخي والنظري ، مبتدئاً بالتأخراف اللاسلكي ، منتقلاً بعد ذلك إلى التلفون اللاسلكي أو الراديو . وإخال أن خير ما يبدأ به الكاتب في اللاسلكي كتابته هو « الأثير » الذي نراه قد تغلغل في كثير من البحوث لتعليل كثير من الظواهر التي عجز العلماء عن تعليلها وتوضيح ما بينها من العلاقات ، وإن يكن العلامة أينشتاين ومؤيدوه من العلماء ينكرون هذا الأثير ويقولون عنه إنه محض خيال صاغه أولئك العلميون الذين أعوزهم التفسير الصحيح لما يرون من ظواهر . ويقول أينشتاين عن هذا الأثير إنه ظاهرة كهربائية أي كهربائية مغناطيسية . وكذلك يقول شتينماتز ويدعو العلماء إلى رفض نظرية الأثير ، استناداً إلى نظرية أينشتاين في النسبية ، وهي تلك النظرية التي تقول بنسبية الحركة والمكان والزمان . على أن الكشف الروحية الحديثة أثبتت كما قلنا إنه موجود وإنه أصل المادة . وسواء صدق هؤلاء أو أولئك فما هو ذلك الأثير المزعوم ؟

الأثير

أول ما يقال بصدده هو أن وجوده مفترض كوجود الذرة والجزيء . وليس هناك من يقول إنه رآه أو أدركه بوسيلة من وسائل الإدراك الحسي . وكل ما برز افتراض وجوده أن العلماء عللوا به كثيراً من الظواهر التي تقع ، وأنهم استطاعوا به أن يصوغوا نظريات أمكن إثبات صحتها العلمية عملياً . وكل ما يقوله العلميون الآن بصدده هو أن كل شيء نراه أو نلمسه ، حتى ذلك الفضاء الخلاء الشاسع ، يخرقه شيء غاية في اللطافة يستقر بين ذرات المادة ويتخللها ويملأ رحاب الكون . وهذا الشيء هو الأثير . وقد دللوا على ذلك بما يأتي :

ظاهر أنه لا بد لكل معلول من علة ولكل نتيجة من سبب . فإذا أنت وضعت ساعة في ناقوس زجاجي رأيتها وسمعت دقاتها ، وإذا أنت فرغت هواء الناقوس تخافت صوت الدقات حتى انعدم . فما هو ذلك الشيء الذي انعدم من الزجاج وكان من قبل موجوداً فيه ؟ إنه الهواء . فالمنطق يقضي إذن أن تقول إن الهواء هو الوسيلة التي بها سمعنا دقات الساعة ، فإذا انعدم الهواء انعدم الصوت . ولكنك تظل ترى الساعة الموضوعة في الناقوس ، بل إنك إذا وضعت شمعة موقدة وراءه لم تحتجب لاهي ولا لهيها ، وعلى ذلك فانعدام الهواء لا يؤثر في الضوء . ولكن هل نستطيع أن نصدق أن هناك فجوة بيننا وبين الشمعة وضوئها ؟ كلا . والأسهل كثيراً أن نقول بأن الناقوس الزجاجي مملوء كالجو الخارجي بشيء ما يصل ما بين الشمعة والعين فتحس بالضوء . فهذا الشيء هو الأثير المزعوم ، وهو الذي يقوم بتوصيل ضوء الشمس إلينا على بعدنا عنا ، بل هو الذي يوصل إلينا ضوء النجوم والسدم الممعة في بعدنا عنا أكثر من بعد الشمس ملايين المرات . وهو الذي يوصل إلينا حرارة الشمس أيضاً . وهل نستطيع أن نعلل وصول الحرارة والضوء إلينا من الشمس عبر هذا الفضاء الخلاء الشاسع إلا إذا فرضنا أن ثمت شيئاً غير مدرك يملؤه — هو الأثير ؟

وتصل إلينا حرارة النار التي نوقدها بعيداً عنا بهذه الوسيلة أيضاً . أحجب ما بينك وبين نار موقدة بحائل ما ، ثم أزره بسرعة ، تحس على الفور بالحرارة تسطع عليك وتطعمك . وثق أن الذي يحملها إليك ليس هو تيار الهواء الساخن لأن هذا يرتفع إلى أعلى فلا ينتشر جانبياً ، ولا ترى عينك وسطاً آخر يوصلها إليك . وعدا هذا فهذه الحرارة السريعة الانتقال تسير في خطوط مستقيمة ، وأنت تستطيع أن تحجبها عنك كما تستطيع أن تحجب الضوء عنك ، فهي في الواقع تسلك مسلك الضوء ، ولذلك فنحن مرغمون على القول بأنها تنتشر كما ينتشر الضوء خلال الأثير أي بالاشعاع .

والحرارة التي تنتقل بهذا الشكل يقال لها حرارة متشعة . وسنرى بعد أن هناك أيضاً من الكهر بائية ما يصبح أن نسميها كهر بائية متشعة — أي كهر بائية لاتصل إلينا عن طريق الأسلاك والموصلات ، بل تسطع خلال الأثير كما يسطع الضوء وكما تسطع الحرارة المتشعة .

الموجات الكهرطيسية

ويرجع الفضل في ذلك إلى العالم كلارك مكسويل ، فهو أول من قال إن بالاثير عدا الموجات الضوئية والحرارية المتباينة في الطول موجات كهربائية مغناطيسية (كهرطيسية) يختلف عنها أيضاً في الطول . وكما أن الملكى الشهير آدمز استكشف السيار نبتون بطريق الحساب قبل أن يراه أحد ، كذلك استكشف كلارك مكسويل من الحساب على الورق تلك الموجات الكهرطيسية التى تحمل رسائلنا اللاسلكية في الوقت الحاضر ، قبل أن تكون لدينا وسيلة ما لإدراكها .

ومكسويل هذا من أشهر علماء الفيزيكا الإنجليز ابتداءً من مباحثه العلمية وهو في



الخامسة عشر ، ولم يتعد الثلاثين حولاً حتى تبوأ مكاناً ممتازاً في مقدمة العلماء المعدودين .

ودفعت نظرية مكسويل المشتغلين بالعلوم إلى العمل لإيجاد وسيلة لإحداث هذه الموجات الكهرطيسية ، ثم إدراك وجودها أو التقاطها بعد إحداثها . وكان هنري العالم الألمانى المشهور من بين أولئك المشتغلين . وكان قد عين سنة ١٨٨٠ مساعداً للعلامة هلمهولتز الألمانى أستاذ الفيزيكا في جامعة برلين . ولبث معه ثلاث

(شكل ٩٢) جيمس كلارك مكسويل

سنوات نال من جراء ما قام فيها من البحوث إعجابه وحسن تقديره . . وكان في هذه الفترة أن اقترح عليه هلمهولتز أن يقوم بإجراء بحوث عمالية غايتها بيان الفكرة الأساسية في نظرية مكسويل ، ولكنه لم يهتد حينئذ إلى سبيل يسلكها إلى تلك الغاية ، فأرجأ هذا الموضوع . ولما عين سنة ١٨٨٥ أستاذاً للفيزيكا في مدرسة « الفنون والعلوم » في كارلزروه عاد إليه ، وهناك بدأ سلسلة بحوثه الخالدة التى عززت كثيراً نظرية



(شكل ٩٣) هنريك رودولف هرتز

مكسويل ، واكتسب هو من ورائها شهرته العلمية الواسعة .

فالضوء ينتقل دائماً في الأثير على شكل موجات ، أما الحرارة والكهربائية فإنهما تنتقلان فيه أحياناً على شكل موجات أيضاً . وهذه الموجات جميعها تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل (حوالي ثلثمائة ألف كيلو متر) في الثانية . وهي متشابهة من عدة وجوه ولا تتباين إلا في أطوالها الموجية — أي في المسافة الواقعة

بين قمتي موجتين متتاليتين . فلك التي طولها جزء من أربعة وثلثين ألف جزء من البوصة هي موجة الضوء الأحمر ، وتلك التي طولها نصف هذا القدر تقريباً هي موجة الضوء البنفسجي ، وتلك التي طولها بضعة أجزاء من ألف جزء من البوصة هي موجة الحرارة المنتشرة ، أما تلك التي يتراوح طولها بين ربع بوصة وبضعة أميال فهي الموجة الكهربائية ، وهي التي تنقل الوسائل اللاسلكية .

وقد دلت التجارب على أن هذه الموجات جميعها من النوع المستعرض ، أي التي تتحرك في اتجاه عمودي على اتجاه سير الموجة ، لا من النوع الطولي أي التي تتحرك جيئة وذهاباً في اتجاه سير الموجة . ويمكن توضيح الموجات المستعرضة بملاءة (مفرش) موضوعة فوق مضد . فإن أنت أمسكت بأحد أركانها الأربعة ثم هزته إلى أعلى وإلى أسفل ، تكونت فيها تموجات من أولها إلى آخرها . فالملاءة لا تنتقل كما تنتقل التموجات ، وإنما تتكون التموجات من تحرك أجزاء الملاءة الدقيقة على التوالي إلى أعلى ثم إلى أسفل . وعلى ذلك فالأثير لا يتحرك في اتجاه سير الموجة ، ولكنه يفعل فتتحرك أجزاؤه الدقيقة المكونة له على التوالي إلى أعلى ثم إلى أسفل أو جانبياً في اتجاه عمودي على اتجاه سير الموجة . وتسير الموجات قادمة إلينا أو ذاهبة عنا على حين يبقى الأثير نفسه ثابتاً في مجموعه .

وهنا لا بد من لفت النظر إلى أن هذه الموجات هي المسببة للضوء والحرارة والقوة

الكهرطيسية ، وليست هي هذه الأشياء نفسها . فالموجات الضوئية تسبب الضوء ، والموجات الحرارية (أو الحرارة المتشعة) تسبب الحرارة ، والموجات الكهرطيسية (الكهربائية المغناطيسية المتشعة) تسبب التيارات الكهربائية . وهذه التفرقة بين السبب والنتيجة تساعدنا كثيراً على تجنب الخطأ .

والموجات قوى نفاذة مختلفة . فمثلاً تخترق موجات الضوء الزجاج النقي الصافي ، على حين أن هذا الزجاج يصد بعض الموجات الحرارية . أما السطوح السوداء فتتمص هذه الموجات فتتحول الموجات إلى حرارة عادية ، في حين أن السطح الأبيض يعكسها أي يرددها مقصياً إياها بعيداً عنه .

وكما أن السطح الأسود يمتص الموجات الحرارية ويحولها حرارة نحس بها ، كذلك يمتص الموصل الكهربائي (السلك المعدني مثلاً) الموجات الكهرطيسية ويحولها تيارات كهربائية عادية ، وفي الوقت ذاته تسمح الأجسام غير الموصلة من أمثال الزجاج والطوب لهذه الموجات باختراقها والبرور فيها .

التلغراف اللاسلكي

وبدهى أن أولى صيغ التلغراف اللاسلكي هو التلغراف الضوئي الذي شرحناه في الفصل الثالث عشر ، فيحرك شخص راية فوق رنوة ، أو يوقد ناراً أو مصباحاً فوق تل عال . فالراية أو النار أو المصباح هي المرسل الذي اختاره لإثارة الأثير وتحويله إلى موجات تسير قدماً في خطوط مستقيمة بسرعة عظيمة إلى أن يلتقطها مستقبل ، هو في هذه الحالة عين الشخص الذي يرقب الضوء من نقطة يستطيع فيها أن يراه .

وبعد ذلك ظهر التلغراف الكهربائي السلكي ، وهو الذي يستعمل فيه سلكان لتكملة الدائرة الكهربائية . وفي سنة ١٨٣٨ أمكن أن يستعاض عن أحد السلكين بالأرض ، ولم يقلل ذلك من مقدار التأثير في الأسلاك بل كان التأثير أقوى بضعفين ، فكان هذا الاستغناء عن أحد السلكين الخطوة الأولى في سبيل اللاسلكي .

وكانت الخطوة التالية بطبيعة الحال التخلص من السلك الثاني :

وقد حاول مورس ذلك فقد بعث بإشارات سنة ١٨٤٢ عبر نهر سنسكويها نادون استعمال أسلاك ، أى دون موصول يصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال . وكل ما صنعه أن مد على كل من ضفتي النهر سلكا يبلغ طوله ثلاثة أمثال عرض النهر ووصل أحد السلكين ببطارية ومرسل ، ووصل الآخر بمستقبل أو خلفا يومتر . ثم وصل كلا منهما من الناحية الأخرى بلوح نحاسي كبير رُمى به في الماء . ورأى مورس أنه يشترط لإرسال الرسائل إلى مسافة معينة أن يكون لكل سلك طول خاص ملائم ولكل لوح نحاسي مساحة كبيرة معينة . وظهر أن التيار يسرى من أحد الأوجين إلى الآخر وإن يكن يتبدد منه جزء في الماء . وهنا يحسن أن نلفت النظر إلى أن المصطلح « تلغراف لاسلكي » المطلق على تلك الأجهزة الكهربائية مصطلح فيه بعض التضليل ، لأنه ينفي استعمال الأسلاك في حين أن تلك الأجهزة مملوءة كلها بالأسلاك . ولكن المقصود باللاسلكي ألا يتصل جهاز الإرسال بجهاز الاستقبال بأية أسلاك .

وفي تلك السنة عينها استطاع اسكتلندي من دندي يدعى جيمس بومان لندسى أن يرسل بنفس الطريقة إشارات عبر نهر تاي . وفي سبتمبر سنة ١٨٥٩ قرأ لندسى أمام أعضاء الجمعية البريطانية بدندي رسالة قال فيها إن تجاربه وحساباته قد دلته على أنه إذا مدت أسلاك طويلة على كل من شاطئ أمريكا وشاطئ بريطانيا ، واستخدمت بطارية كبيرة ، مساحة ألواحها ثلاثة آلاف قدم مربع ، وملف وزنه ثلثمائة رطل انجائيزي فإنه يستطيع أن يبعث برسالة من بريطانيا إلى أمريكا . ولكن الحاجة إلى المال قعدت بالرجل عن أن يجري تجاربه على نطاق واسع يكسبه التأييد العام . ومات سنة ١٨٦٢ دون أن يبلغ مأربه .

وقد أمكن فعلا إحداث التواصل عن طريق إرسال الإشارات الكهربائية خلال المادة بالتوصيل ، أى عن طريق سريان التيارات الكهربائية في دائرة . أما عن الإرسال اللاسلكي ، أى حينما يستعاض عن سلك واحد أو عن سلكين بالآثير ، فلا يكون لدينا إلا اتباع طريقين اثنين : التأثير والموجات الهرتزية .

فأما طريقة التأثير فنحن نعلم أنه متى أرسل تيار خلال سلك ظهرت في الآثير

المحيط به آثار المغناطيسية ويصبح السلك وكأنما هو قلب للمجال المغناطيسي . وتمتد الموجات المغناطيسية في جميع الجهات إلى مسافة غير معينة ، فإذا ما قابلت سلكاً موازياً للسلك المتكهرب أوجدت فيه بالتأثير تياراً مشابهاً للتيار الأول الذي أوجدها ، فتي ما وجدت الكهربية وجدت المغناطيسية والعكس بالعكس . فالكهربائية تحدث مغناطيسية والمغناطيسية تحدث كهربية ، وهذا يظهر على أتمه في تلفون بل ، وقد سبق لنا شرحه في الفصل الرابع عشر .

وقد أمكن استخدام هذا الكشف في صدد ما نحن فيه . ففي سنة ١٨٨٥ أقام سير ولیم بريس بالقرب من نيوكاسل مربعين من الأسلاك المعزولة طول أسلاك كل منهما ربع ميل ، ووضعهما أفقيين ومتوازيين وعلى بعد ربع ميل . فلما أرسل في أحدهما تيارات كهربية أمكنه أن يدرك في الآخر تيارات كهربية باستخدام تلفون . وقد وجد أن التلفون قد تأثر لما بلغت المسافة بين المربعين ألف ياردة لا أربعمائة وأربعين . وبذلك أثبت سير ولیم بريس عملياً أن الإشارات يمكن أن ترسل دون أى اتصال أرضي ، أى خلال التأثير وحده . وفي سنة ١٨٨٦ استطاع أن يبعث بإشاراته إلى مسافة أربعة أميال ونصف ميل . وفي سنة ١٨٩٢ أوجد اتصالاً منظماً بين فلانهمولم ، وهي جزيرة في بحر برستول ، وبين لافرنوك التي تبعد ثلاثة أميال ونصف ميل عن شاطئ ويلز . وكان في الإمكان أن يطرد نجاح هذه الطريقة لولا أن ظهر لها منافس أقوى هو الموجات الهرتزية . وإليك التجربة التي استكشف بها هرتز هذه الموجات التي كانت سبباً في تقدم اللاسلكي .

تجربة هرتز

ففي سنة ١٨٨٧ استكشف هرتز أنه إذا فرغت زجاجة ليد (والتي فرغ حدوث شرر كهربي) خلال أسلاك بها فجوة هوائية هي التي يظهر الشرر عندها ، فإن شرراً مثله يحدث عند فجوة أخرى مماثلة في دائرة تامة أو مربع من الأسلاك موضوع على مسافة ما من الزجاجة . وهذه العين الكهربية أو الكاشف الكهربي يمكن أن تنظم فجوتها عن طريق لولب ، بحيث يكون شررها أكبر ما يمكن عندما تصل إلى اتساع مخصوص . وعندئذ يكون هذا الكاشف أو المستقبل مترنماً مع المثير أو المرسل . واستنتج هرتز الحقائق الثلاث الآتية :

أولاً — يحدث التفريغ الكهربائي موجات كهربية قوية تنتشر في الأثير في جميع الجهات .

ثانياً — أن هذه الموجات يمكن اقتناصها أو التقاطها .

ثالثاً — أن التقاط هذه الموجات سهل جداً وإنما بتوافر شروط خاصة .

ومن هذه الكشف أو النتائج الثلاث نشأ التلفراف اللاسلكي أولاً ثم التليفون اللاسلكي فالراديو ثانياً .
فمركوني الإيطالي والأستاذ برانلي الباريسي ، وسير أولفر لودج والدكتور فلمنج الإنجليزيان وإديسون الأمريكي وكثيرون غير هؤلاء قد عملوا في السنين الأخيرة كثيراً في تحسين سبيل الأجهزة المستعملة اليوم وطرق استعمالها حتى بلغ التواصل اللاسلكي ما بلغه من الازدهار في الوقت الحاضر .



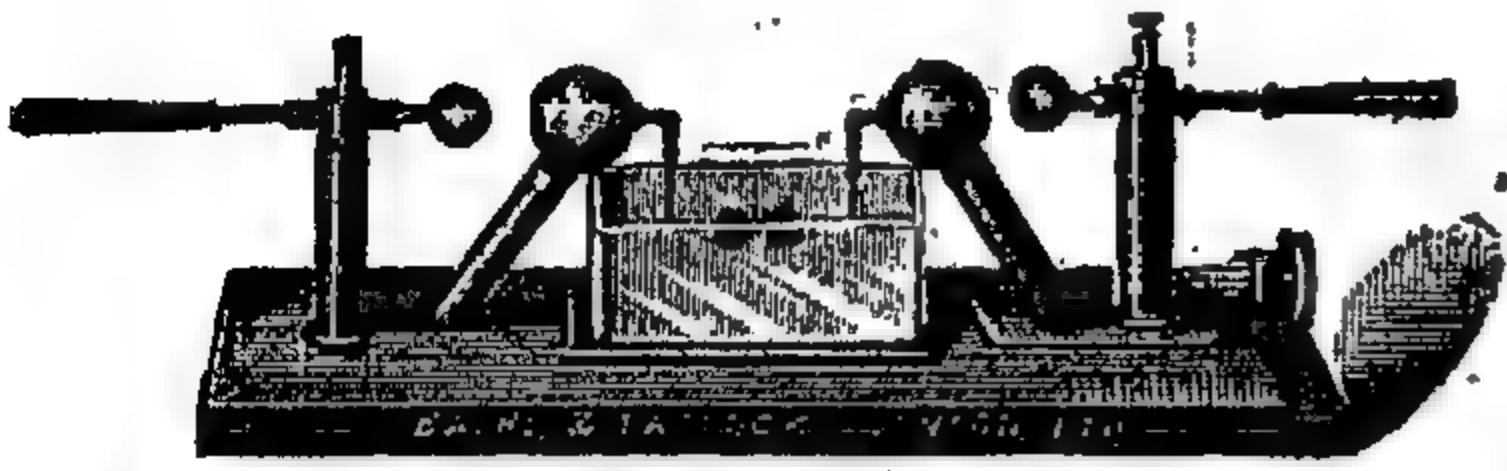
(شكل ٩٤) جوجيلمو مركوني

تلفراف مركوني

ويتألف مرسل مركوني الحالى من ثلاثة أجزاء رئيسية : بطارية ومف تأثيرى ينتهى بكرتين نحاسيتين تفصل بينهما فجوة من الهواء ، ومرسل من مرسلات مورس . ويتسلط على المرسل تيار من البطارية يمر خلال المف ، ويجمع الكهربية فوق كرتى النحاس حتى تصبح قادرة على أن تزحف أو تقفز من إحدى الكرتين إلى الأخرى ملايين المرات محدثة ما يسمى شرراً . وكلما اتسعت الفجوة الهوائية بين الكرتين احتيج إلى كهربية أكثر قبل أن يحدث هذا الزحف أو القفز ، وكبرت من ثم قوة الاهتزازات .

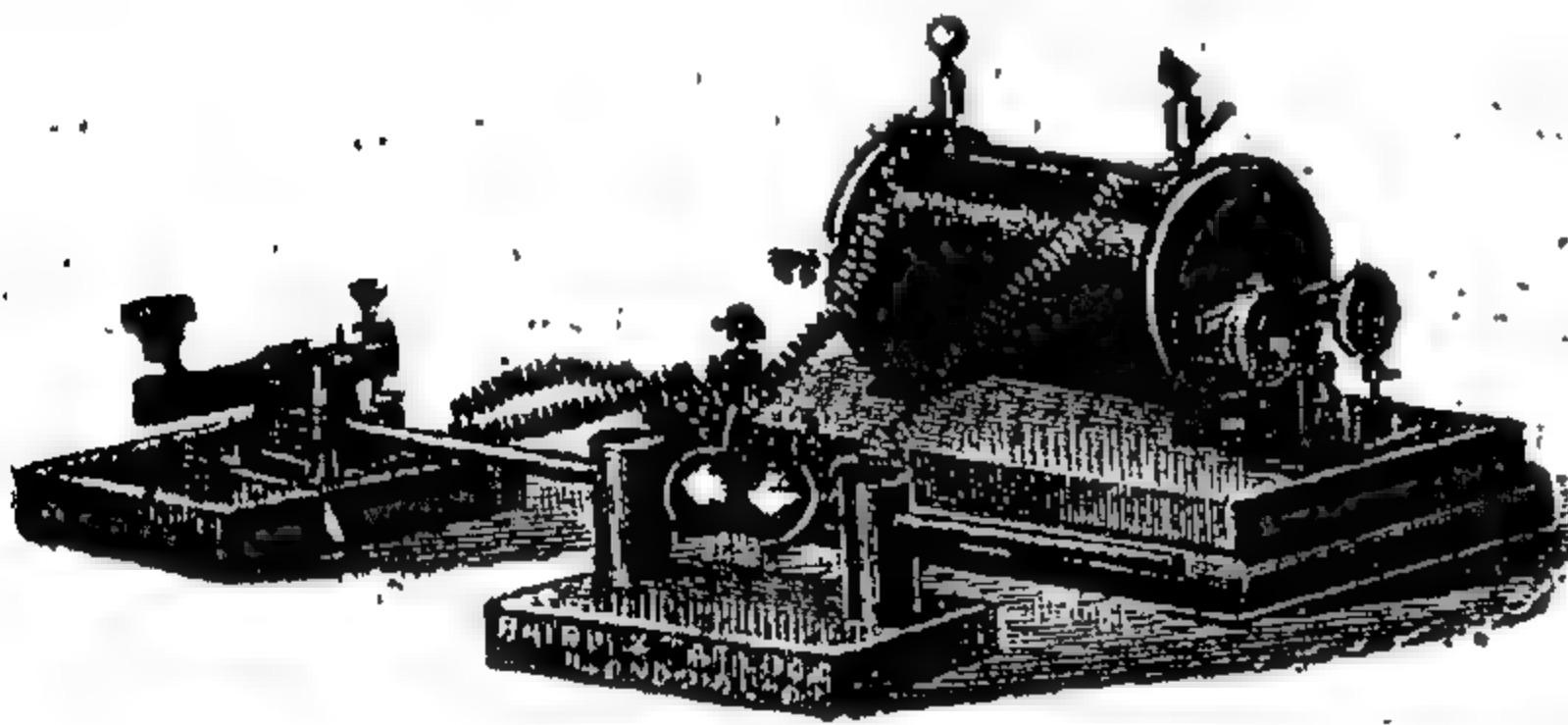
وقد وجد ماركوني أن التأثير يزداد زيادة عظيمة إذا ما وصل بإحدى السكرتين طائرة أو منطاداً صغيراً (من طيارات ومناطيد الأطفال) مغطين بالقصدير، بواسطة سلك من الألومنيوم. ثم استعاض عن الطائرة أو المنطاد بموصل يوضع على سارية عالية يبلغ ارتفاعها مائتي أو ثلاثمائة قدم.

وهذا هو المرسل فما هو المستقبل ؟



في سنة ١٨٧٩ لاحظ الأستاذ هيوز أن الميكروفون المتصل بالهاتف يحدث في هذا الهاتف

أصواتاً حتى لو كان الميكروفون (شكل ٩٥) يحدث الاهزازات الكهربائية أو الموجات الهertzية على بعد بضعة أقدام من الملف الذي يسري فيه التيار. وقد وصفنا الميكروفون عند الكلام على الهاتف. وقد وجد هيوز أن الميكروفون المعدني تلتصق أجزاؤه إذا ما أثرت فيه موجة، أما الميكروفون الكربوني فإنه يستعيد بسرعة حالته الأولى عندما ينعدم أثر الموجة.

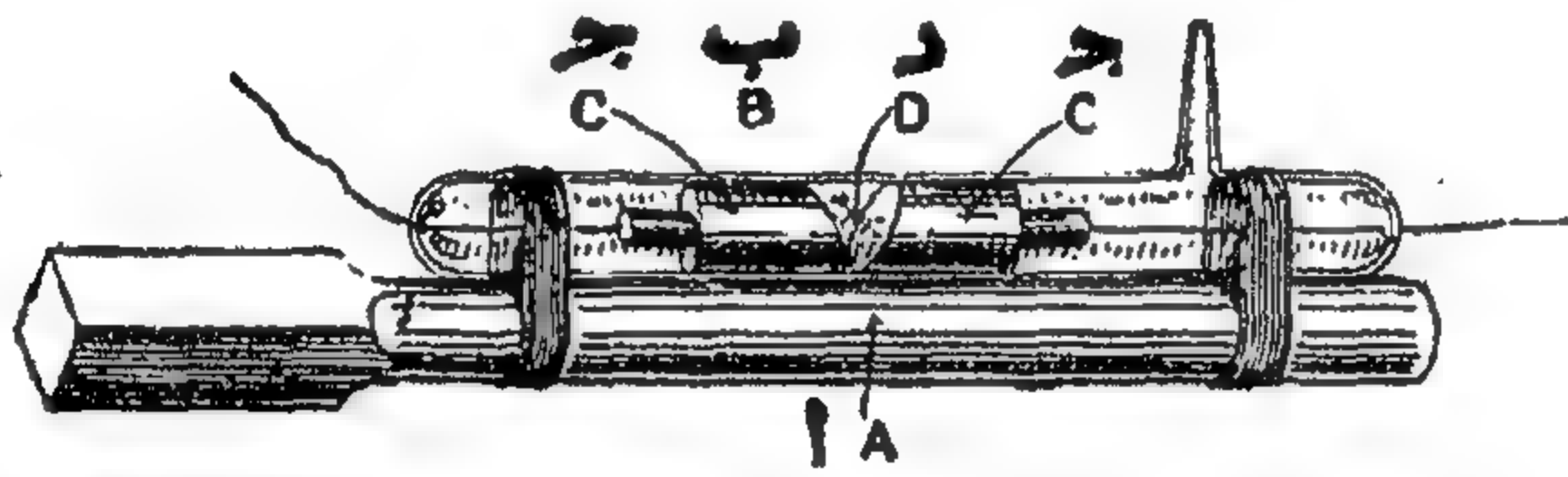


وفي سنة ١٨٩١ صنع الأستاذ برانلي الباريسي جهازاً سماه « رابطاً » ، وما هو في الحقيقة إلا ميكروفون. وبعد ذلك بخمس سنين صنع ماركوني رابطاً جديداً من اختراعه

(شكل ٩٦) مرسل ماركوني التلغرافي اللاسلكي

ويتألف من أنبوبة زجاجية صغيرة يبلغ طولها نحو بوصتين و يبلغ قطرها الداخلي عشر بوصة. وثبت عند كل من طرفيها سلك صغير ينتهي بسداد فضي محكم. وبين هذين السدادين تركت مسافة يبلغ طولها جزءاً من اثنين وثلاثين جزءاً من البوصة، وقد ملئت هذه المسافة بهراة من النيكل والفضة بنسبة ٩٦ من الأولى إلى ٤ من الثانية، ومع هذه الهراة أثر ضئيل من الزئبق. والأنبوبة مفرغة من الهواء قبل غلقها، وينكاذ تفرغها يكون تاماً. فهذه الفجوة المملوءة بالهراة لا توصل الكهرباء إلا إذا صدمتها موجة

كهرطيسية ، لأن الحبيبات عندئذ تتضاغط بعد تفرق وتسمح للتيار بالمرور . فإذا ما سرت في الأثير موجة هرتزية ثم لطمت هذا الجهاز ، فإن الحبيبات تتضاغط على الفور مكونة شبه جسر يمهده التيار . ويدخل الرابط في دائرة المستقبل التي تتألف منه ومن بطارية ومن مستقبل مرس التلغرافي . وإذا ما هز الرابط أو لطم بمطرقة صغيرة لطما خفيفاً فقد خاصية التوصيل إذ تتفرق حبيباته ، ويصبح معداً لاستقبال موجة أخرى . وفي رابط مركوفى توجد مطرقة صغيرة تطرقه باستمرار على فترات قصيرة جداً لكي تغيده إلى حالته الأولى ، حالة تباعد الحبيبات فيصبح معداً دائماً لتلقى أية موجة ترسلها محطة الإرسال .



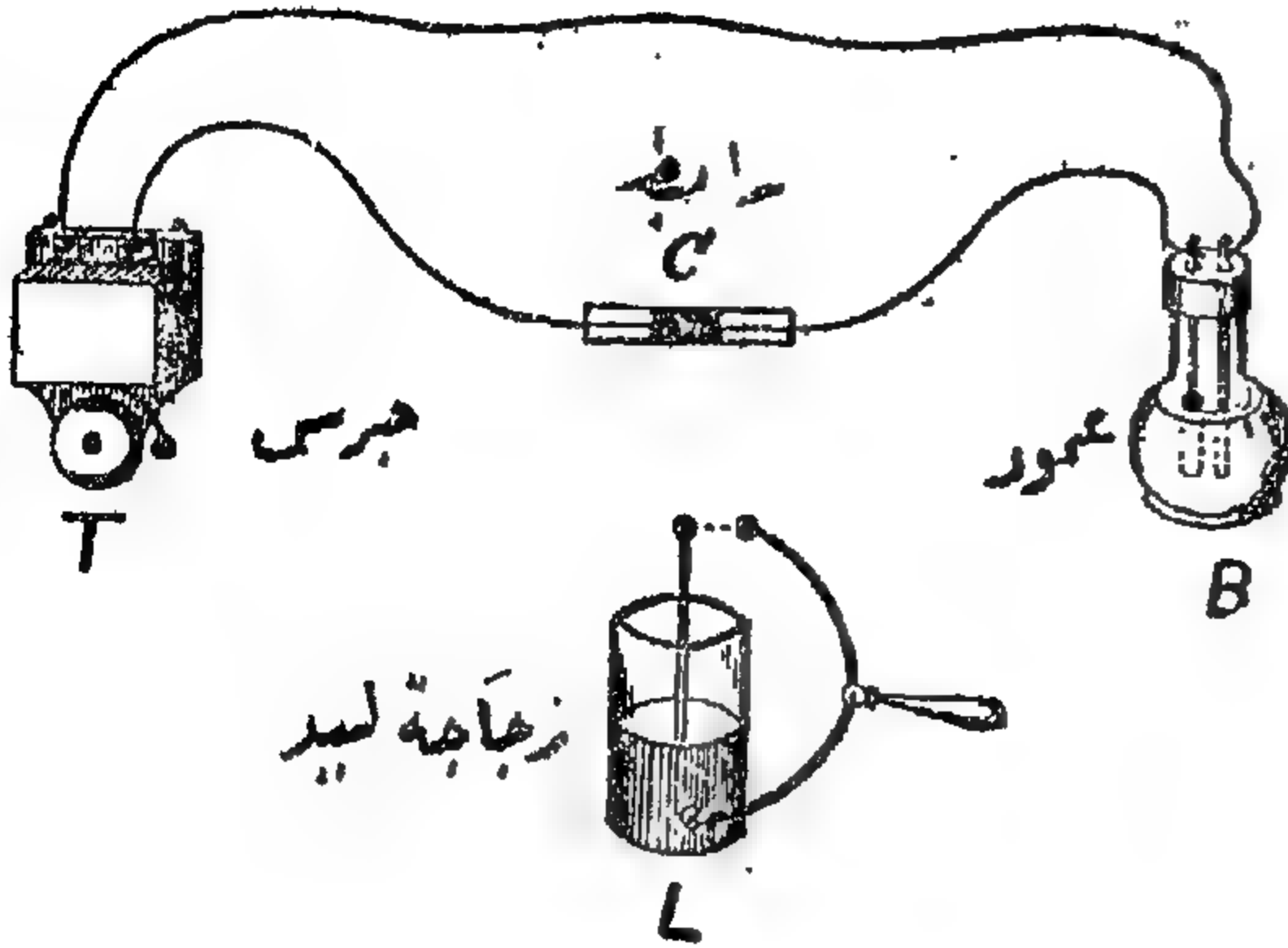
(شكل ٩٧) رابط مركوفى

وفيه ساق من العظم *A* تحمل فوقها أنبوبة زجاجية *B* ، وقد سد طرفاها بسدادين *C* ، *C* من الفضة ، ووضع في الفجوة *D* برادة من النيكل والفضة

فالذى يحدث هنا هو أن التيارات المهتزة في محطة الإرسال تبعث موجات كهرطيسية فلما تلطم هذه الموجات جهاز الاستقبال تولد فيه تيارات تشبه تلك التي أرسلت الموجات وإنما أضعف منها قوة . ووظيفة الرابط هنا أن يدرك هذه التيارات الضعيفة جداً .

ونحن نعرف أن الموجات تسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية ، وعلى ذلك فلكي تحدث موجات طولها ١٠٠٠ قدم مثلاً تحتم على محطة الإرسال أن ترسل حوالى مليون موجة كهرطيسية كل ثانية . أى أن يكون تذبذب التيار مليون مرة تقريباً في الثانية . والمستقبل الحديث نوع من ذلك الرابط دخله كثير من التحوير والتحسين مع بقاء الأساس واحداً في الاثنين . وتذكر الإشارات عن طريق سماع صوت الطرقات في مستقبل تلفونى .

ولسنا هنا بصدد ما أدخل مركوفى من التحسينات وشرحها تفصيلاً ، ولكننا نكتفى بأن نقول إنه تغلب بالتدريج على عقبة طول المسافة بين محطتى الإرسال والاستقبال . ففي



(شكل ٩٨) أساس اللاسلكي

عند تفريغ زجاجة ليد تتولد حرارة ، فتنتشر موجة هertzية يلتقطها الرابطة وتقرب حبيباته فتجعل منها موصلا متوصلا ، فيسري تيار من العمود الكهربائي ويسمع دق الجرس

سنة ١٨٩٦ ذهب إلى إنجلترا ، وهناك في تلك السنة أرسل إشارته الأولى من حجرة في إدارة البريد في الدور الأول إلى حجرة أخرى في الدور الثاني تبعد عن الأولى مائة ياردة . ثم نجح بعد ذلك في إرسال رسالة

بين محطتين في سهل سالفوري تبعدان عن بعضهما ميلين . وفي مايو سنة ١٨٩٧ طالت

المسافة إلى ثلاثة أميال وثلث ميل . وقد حدث ذلك في ظرف دقيق ، لأن سير وليم بريس كان قد تخطى الفجوة بطريقة التأثيرية كما مر بنا ، وظل مركوني ثلاثة أيام يعمل في سبيل توسيع المسافة وهو يخفق حتى سرى الظن بأن طريقة بريس أجدي من طريقته . ولكن لما نقل مركوني جهاز الإرسال إلى أسفل الصخرة التي كان قد أقامه عايمها ثم وصله بسلك إلى سارية أقامها على أعلى الصخرة نجح أيما نجاح ، لأنه بذلك أطال السلك الذي يرسل الموجات . وبذلك تدرجت المسافة بين محطتي الإرسال والاستقبال من بضعة أميال إلى ألوف الأميال ، وأمكن حدوث التواصل اللاسلكي بين إنجلترا وأمريكا ، وكان ذلك في اليوم التاسع عشر من ديسمبر سنة ١٩٠١ .

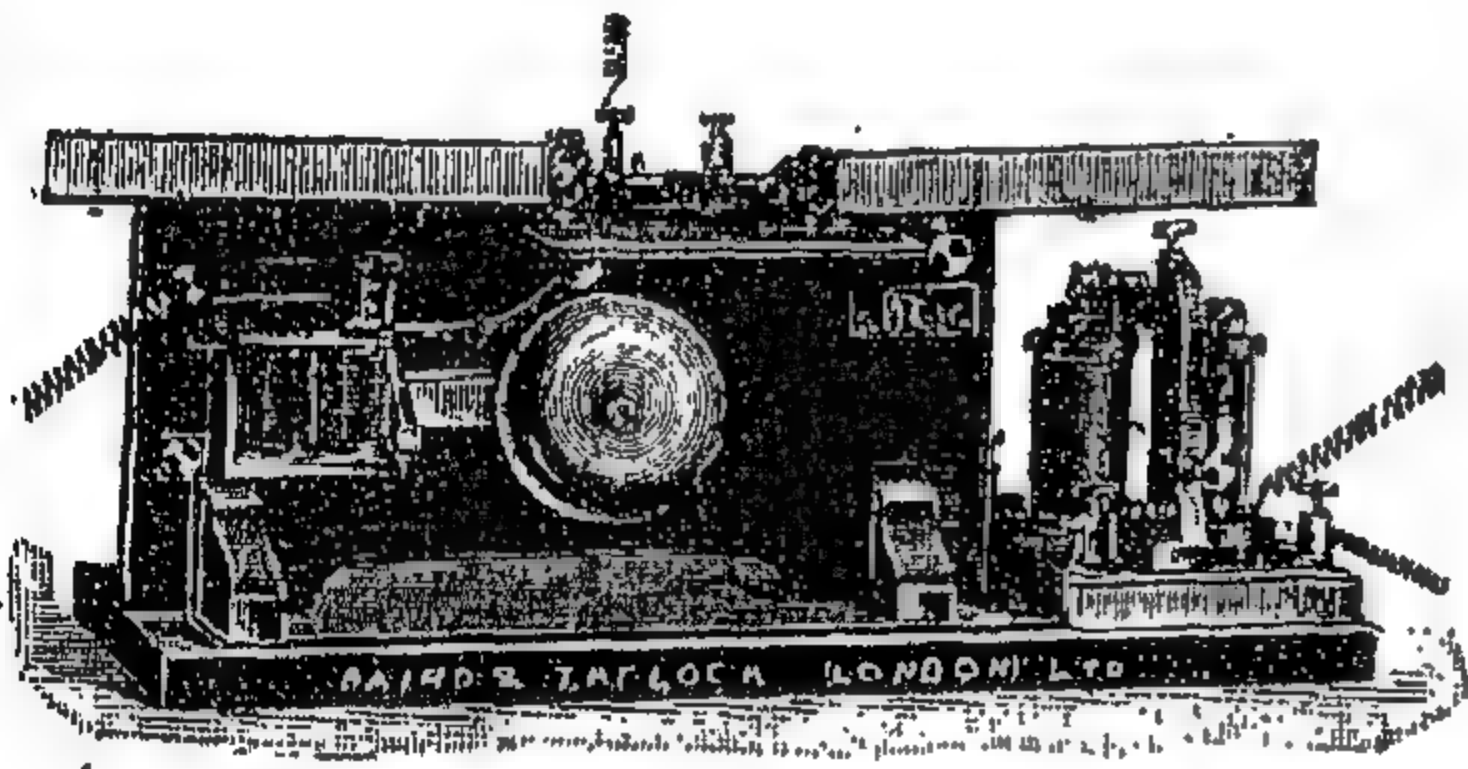
أعمال تحسينات موهبة في التعرف اللاسلكي

ولما نجحت وسائل التخاطب اللاسلكي عبر الأطلنطيق في نهاية سنة ١٩٠١ ظهر من قام يقلل من شأن الاختراع . وهاجم النقاد مسألتين :

قالوا أولا إن الإرسال بطيء وإن البطء نقص عظيم . ولكن مركوني رد عليهم بقوله إنه قد مضى زمن كانوا يعتبرون فيه إرسال كلمة واحدة كل دقيقة عبر الأطلنطيق

عن طريق التلغراف البحري نصراً عظيماً ، في حين أنه يمكن باختراعه أن يرسل عشرين كلمة في الدقيقة لمسافات أطول ، وأن السرعة المبتغاة في الإرسال لا بد مدركة مع الزمن . وقالوا ثانياً إن الاحتفاظ بسرية الرسائل أصبح غير ممكن ، وهذا عدا ما يحدث من اختلاط الرسائل حين تخترق الأثير جملة موجات كهروستاتيكية .

وكان مركوني خلال تجاربه قد وقف على هذه العيوب وبحث عن وسائل تلافيها ، وذلك بجعله المستقبل قابلاً للتأثر بموجات خاصة يحدثها مرسل خاص ، حتى إذا أرسلت رسائل مختلفة من مرسلات مختلفة في وقت واحد التقط المستقبل الإشارات الخاصة به دون سواها ، فلا يحدث من ثم اختلاط في الإشارات يحول دون فهم معناها . وحقق إلى حد ما فكرته هذه بتطبيق ظاهرة الرنين المعروفة في الصوت . فلو أنك شددت على الكمان وتر أعطى نغمة تتحد في الدرجة مع أحد أوتار البيانو مثلاً ، ثم أمسكت بالكمان ودق أحد صفيك على وتر البيانو اهتز وتر الكمان واهتزت الكمان كلها وأعطت صوتاً يستجيب لصوت البيانو .

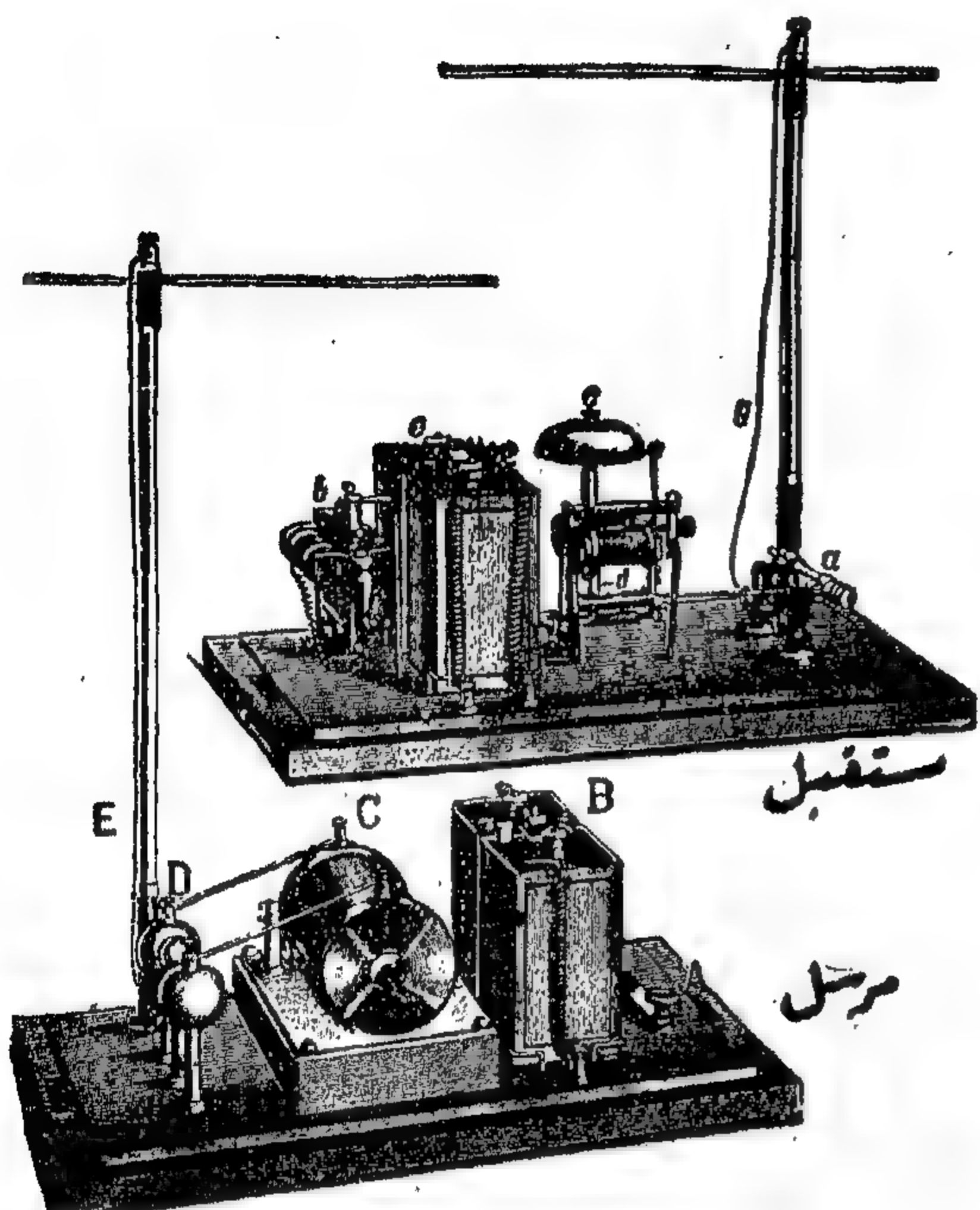


(شكل ٩٩) مستقبل مركوني التلغرافي اللاسلكي وبه رابط

فبمثل هذه الطريقة يمكنك أن تضبط جهازاً لاسلكياً بحيث يكون « مترنماً » مع آخر فيستجيب له ، وتستطيع بسهولة أن تلتقط الإشارات المرسلة من هذه المحطة التي تكون متوافقة أو مترنمة مع جهازك دون أن تتأثر بالمحطات الأخرى غير المتوافقة معها .

وهذا الضبط أو الترتم يمكن إحداثه عن طريق إجراء عدة تعديلات كهربائية ليس هذا مكان شرحها . ويكفي أن نقول إن العامل في محطة الإرسال يستطيع أن يهيئ جهازه بحيث يرسل موجات أثرية ذات طول موجي خاص ، فإذا ما تم له ذلك أمكن لجهازه أن يؤثر في أجهزة الاستقبال التي لها نفس الطول الموجي ، ويستجيب أيضاً لكل الموجات التي لها نفس الطول . ولكل سفينة أو محطة نغمة خاصة أي طول موجي معروف

لتجميع المحطات والسفن الأخرى . وإذا لم يكن جهاز السقينة أو المحطة مشغلاً بإرسال إشارات فإنه يعد للاستجابة للنداء الذي يوجه إليه ، وذلك بضبطه على موجته الخاصة ، حتى إذا ما أراد أن يتصل بها أحد ضبط جهازه بحيث يكون مترنماً معها ، ثم ناداها وبذلك يبدأ الحديث .



(شكل ١٠٠) المرسل والمستقبل وقد وصل كل منها بإسارية (موصل هوائي) هي في المرسل باعثة الموجات وفي المستقبل لاقطتها بدورها توصلها لأخرى وهكذا حتى تصل الرسالة إلى المكان المطلوب ، وبذلك يكون المسافرون على اتصال تام بصحبهم وذويهم ومحال أعمالهم ، بل يكونون على اتصال أيضاً بأحدث أخبار العالم لأن بعض السفن الكبيرة بعد التقاطها الأخبار تطبعها وتوزعها على المسافرين .

على أن التجارب الحديثة أثبتت أن الموجات القصيرة أقدر من الموجات الطويلة على قطع المسافات الشاسعة لا عن طريق الانتشار المباشر بل عن طريق الانعكاس عن الطبقتين اللوجزودتين في الجو ، وأولاهما تعرف بطبقة «هفسميد» وتوجد عادة على بعد يتراوح بين

٦٥ ميلا و ٧٠ ميلا فوق سطح الأرض ، وتعرف الثانية بطبقة «أبلتون» وتوجد على بعد يتراوح بين ٩٠ ميلا و ٢٥٠ ميلا .

ويجلس عامل اللاسلكي وجهازه التلفوني اللاقط مثبت فوق رأسه ، يسمع به النقط والشرط حسب قانون مورس التلغرافي فتبدو هذه النقط والشرط كالكلام الواضح الصريح . ومنها يعرف الحديث الدائر والأخبار المرسلة وأحيانا يسمع إشارة الخطر وهي نداء الاستغاثة . ومن ذا الذي يستطيع أن يصور لنا شعور عامل اللاسلكي فوق الباخرة «كارباثيا» في ذلك اليوم المشؤوم وقد سمع نداء الباخرة «تيتانك» العظيمة وهي تبعث به في الأثير قائلة : «إننا نغرق ، فالغوث الغوث !» إنه يكاد لا يصدق أن تيتانك العظيمة التي لا يمكن أن تغرق ، تيتانك الهائلة أكبر باخرة مخرت البحار — يطغى عليها الموج وأنها تغرق ! !

نستطيع أن نتصور إسراعه إلى القبطان يخبره بالفاجعة الأليمة ، ثم يعود مسرعا إلى مكانه ليبعث برسالة تشجيع إلى تيتانك وهي في محنتها ، يخبرها أن كارباثيا مسرعة إليها لنجدها . وهو بلا شك سيظل متصلا بها لاسلكيا ليعرف ما تم من أمرها . وليتصور القارى شعوره بالخيبة العظيمة حين يجد الإشارات اللاسلكية من الباخرة الغارقة قد انقطعت فتقطع عنه أخبارها ، ويؤذنه سكوتها بالنهاية المفجعة وهو لا يستطيع إزاءها شيئا .

ولكن النداء لا يجيء متأخرا في كل حالة ، ولولا سوء الحظ لكان نداء الاستغاثة الذي بعثت به تيتانك وصل إلى سفن أخرى أقرب إليها من كارباثيا ، فأسرعت لنجدها ووصلت إليها في الوقت المناسب . وفي كثير من الحالات أمكن إنقاذ سفن كانت على وشك الغرق ، أو على الأقل إنقاذ الركاب ، إذا لم يمكن إنقاذ السفينة وما عليها .

وبهذه الكيفية نشأ التلغراف اللاسلكي ونجح ، وكان نشوؤه ونجاحه بمثابة تطبيق عملي للنظرية المغناطيسية الكهربية التي قال بها مكسويل . وكانت النتيجة أن الموجات الكهربية التي تنبأ بها وحققها هرتز من بعده أصبحت مألوفة ، لا عند العلماء النظريين أو أضرابهم من الباحثين بين جدران المعامل فحسب بل في الحياة عامة . وكذلك قام دليل

غير مطعون فيه على أن الفكرة الأساسية في نظرية مكسويل فكرة صحيحة ، بل هي فوق ذلك ذات فائدة عملية واسعة النطاق عميقة الأثر في الحياة . فالفضل كان لمكسويل أولاً ، ثم لهرتز ثانياً ، فالأول تنبأ بالموجات نظرياً ، والثاني استكشفها عملياً . أما ماركوني فلم يستكشف شيئاً ، ولكنه طبق هذه المكشوف العملية وجعلها أساساً لمخترعاته الناجحة .

الـتلفون اللاسلكي أو الراديو

مر بنا كيف أثمرت جهود سير وليم بريس في إمكان التواصل بين محطتين متبادلتين دون وصلهما بموصلات معدنية ، وذلك عن طريق التأثير الكهربائي الذي يقضى بمرور تيار تأثيري في أحد سلكين إذا مر في ثانيهما تيار آخر . فهذا التيار المؤثر إذا مر خلال مرسل تلفوني تغير بتغير الموجات الصوتية ، وتغيرت من ثم بطبيعة الحال التيارات التأثيرية تغيراً مشابهاً حتى إذا مرت خلال مستقبل تلفوني أحدثت نفس الصوت . ولقد مر بنا شرح ذلك عند الكلام على التلفون السلكي الكهربائي . فكان التواصل الذي اخترعه سير وليم بريس أول تلفون لاسلكي .

على أن هناك نوعاً آخر من تلفون لاسلكي أسفرت تجربته عن نجاح أيضاً . وهذا التلفون مبني على أمرين : أولهما أنه إذا غذى قوس ضوئي كهربائي بتيار مطرد السريان ، ثم أضيف إليه تيار صغير متغير ، فإن وضاعة الضوء تتغير بتغير التيار . وعلى ذلك فالموجات الصوتية يمكن أن تتحول عن طريق جهاز التلفون إلى تغيرات في وضاعة الضوء . وثانيهما أن هناك فلزاً خاصاً هو السيلينيوم تزيد قدرة توصيله للكهربائية إذا ما زاد الضوء الساقط عليه . وعلى ذلك فالمصباح القوسي إذا جهز بعاكسات ملائمة تعكس ضوءه إلى مسافة ما ، على طريقة الضوء الكشاف ، أمكن أن تسقط أشعته على السيلينيوم الموجود في محطة أخرى بعيدة ، وإنما يصلها هذا الضوء . فالتيارات الآتية من المرسل التلفوني تغير من ثم ضوء القوس ، فتتغير بدورها مقاومة السيلينيوم ، وتتغير تبعاً لها شدة التيار الساري خلاله والساري خلال مستقبل التلفون .

وبهذه الطريقة غير المباشرة تتجدد في المستقبل الأصوات الساقطة في المرسل .
وقد تطورت هذه الطريقة الأخيرة وصارت تستعمل في السينما الناطقة .

غير أن نجاح مركب في التلغراف اللاسلكي قد لفت الأنظار إلى إمكان نقل التيارات البسيطة المتغيرة اللازمة لنقل الأصوات بطريقة مشابهة لتلك المستعملة في إحداث النقط والشرط .

وكان من الضروري في مبدأ الأمر العثور على وسيلة بها يستطيع إرسال سلسلة متتابعة من الموجات الأثرية عبر الفضاء ، بدلا من ذلك الرشاش المتقطع (إذا جاز التعبير) الذي يحدثه الملف التأثيري .

المرسل في الراديو

ولهذا اخترع فسندين ، وهو من أمهر المشتغلين بالكهربائية ، دينامو لهذا الغرض يمكنه أن يبعث بتيار متردد في سلك هوائي ، وهذا التيار يتذبذب ٧٥٠٠٠ مرة في الثانية . وهذه سرعة في التذبذب لا يدركها العقل . وقد كان هذا هو كل المطلوب ، لأن التغير المنتظم الذي يحدثه الدينامو معناه سلسلة موجات منتظمة مستمرة تخرج من السلك الهوائي إلى الأثير . وهناك صعوبات ميكانيكية تعترض سبيل الآلة التي تسير بالسرعة العظيمة اللازمة لتوليد هذه التيارات السريعة ، ولكن القوس الذي اخترعه المخترع الدنمركي الشهير بولسن قد تخطى كل عقبة .

والقطب الموجب في هذا القوس الكهربائي من النحاس ، وقطبه السالب من الكربون . والقطبان محاطان بغاز الأيدروجين أو غاز الاستصباح أو بخار الكحول . ويسرى من دينامو تيار قوته ٢٠٠ فولت إلى النحاس ثم إلى الكربون . وفي الوقت عينه يتصل سلكان آخران أحدهما بالنحاس والثاني بالكربون ، يكونان دائرة أخرى تحتوى على ملف وعلى مكثف . فتمتى ما سرى التيار من الدينامو إلى القوس حدثت في دائرة المكثف والملف اهتزازات كهربائية شديدة ذات تردد كبير مستمر بشكل يكاد يكون منتظما ، وقد تبلغ المليون في الثانية متى أريد ذلك . ويمكن استخدامها لإحداث

الموجات المطلوبة للتلغون اللاسلكي ، وذلك بإدخال مرسل تلفوني في الدائرة الثانية ، وهي التي تحدث فيها هذه التيارات المهتزة التي ستتغير شدتها من ثم تبعاً لموجات الصوت الساقطة في البوق . فتنغير إذن تلك التيارات التي تحدثها الاهتزازات في السلك الهوائي المجاور بتغير الصوت ، بل تتغير أيضاً الموجات الأثيرية التي تنبعث منها . ومن هذا يتضح لنا كيف يمكن إرسال سلسلة موجات مطردة سريعة جداً ، تتغير قوتها باستمرار تبعاً لارتفاع الموجات الصوتية أو انخفاضها .

المستقبل في الراديو



بعد هذا يجيء جهاز المستقبل الذي يتلقى هذه الموجات ويحولها إلى موجات صوتية . وهنا لا يصلح الرابط الذي سبق ذكره ، فهو لا يستجيب بسرعة كافية ، وهو غير حساس الحساسية المطلوبة . وقد اخترعت لذلك عدة أجهزة لاقطة تفي بالغرض ، وأحسنها هو الصمام الثرميوني الذي لولاه لما تقدم التلغون اللاسلكي ولا تقدم فن الراديو هذا التقدم المدهش ولا ارتفع إلى مستواه الحالي . فهو الذي يقوم بمختلف الأعمال من تقويم للتيار وتكبير للموجات اللاسلكية وتضخيم للصوت .

(شكل ١٠١) الصمام الثرميوني
وبه تقدم اللاسلكي تقدمه الحالي . وقد سمي صماماً
لأنه لا يسمح للتيار بالمرور إلا في اتجاه واحد

وبتلخيص سلسلة الأسباب والنتائج التي مر بنا ذكرها ، نقول إن مرسل التلغون يغير التيارات في محطة الإرسال ، وبذلك تتغير الموجات الأثيرية المنبعثة منها . وهذه

الموجات الأثيرية المنبعثة تحدث عند وصولها إلى محطة الاستقبال تيارات في الهوائى تشبه التيارات الأصلية التى أحدثتها ، وهذه بدورها تنظم سريان التيار فى المستقبل التافونى فتحدث نفس الأصوات .

لم تقتصر فوائد اللاسلكى على نقل الإشارات التلغرافية وسماع المحادثات الكلامية ، بل إنها تعدت ذلك إلى إذاعة الأخبار والخطب والمحاضرات والموسيقى ، وانتقلت بعد ذلك إلى نقل الصور الفوتوغرافية والإمضاءات والصفحات المكتوبة أو المطبوعة ، وإخال كل من يقرأ هذا يعرف ما وصل إليه الراديو من الانتشار ، ولا إخاله إلا قد سمع عن الرؤية عن بعد ، وشاهد السينما الناطقة . ومن يدري فقد لا يمضى وقت طويل حتى نسمع عن غير ذلك من الأشياء العجيبة التى تحققت فى معامل البحث من أمثال دور السينما والتمثيل اللاسلكية ، والقوة اللاسلكية ، والنور اللاسلكى ، والتى لا بد من انتشارها مع الزمن كما انتشر التلفون اللاسلكى ومحطات الإذاعة اللاسلكية . وقد يجيئنا العلماء العلميون والمخترعون بالعجب العاجب الذى تحار فيه العقول والأفهام ، وما هو بسحر ذلك الذى يجيئون به ، وإنما هو العلم النظرى التجريبي الذى بحثوا فيه عن الأسباب ، فلما تبينوها ظهرت هذه النتائج الباهرة .

الفصل الثامن عشر

الأشعة الجديدة

(السينية والراديو مية)

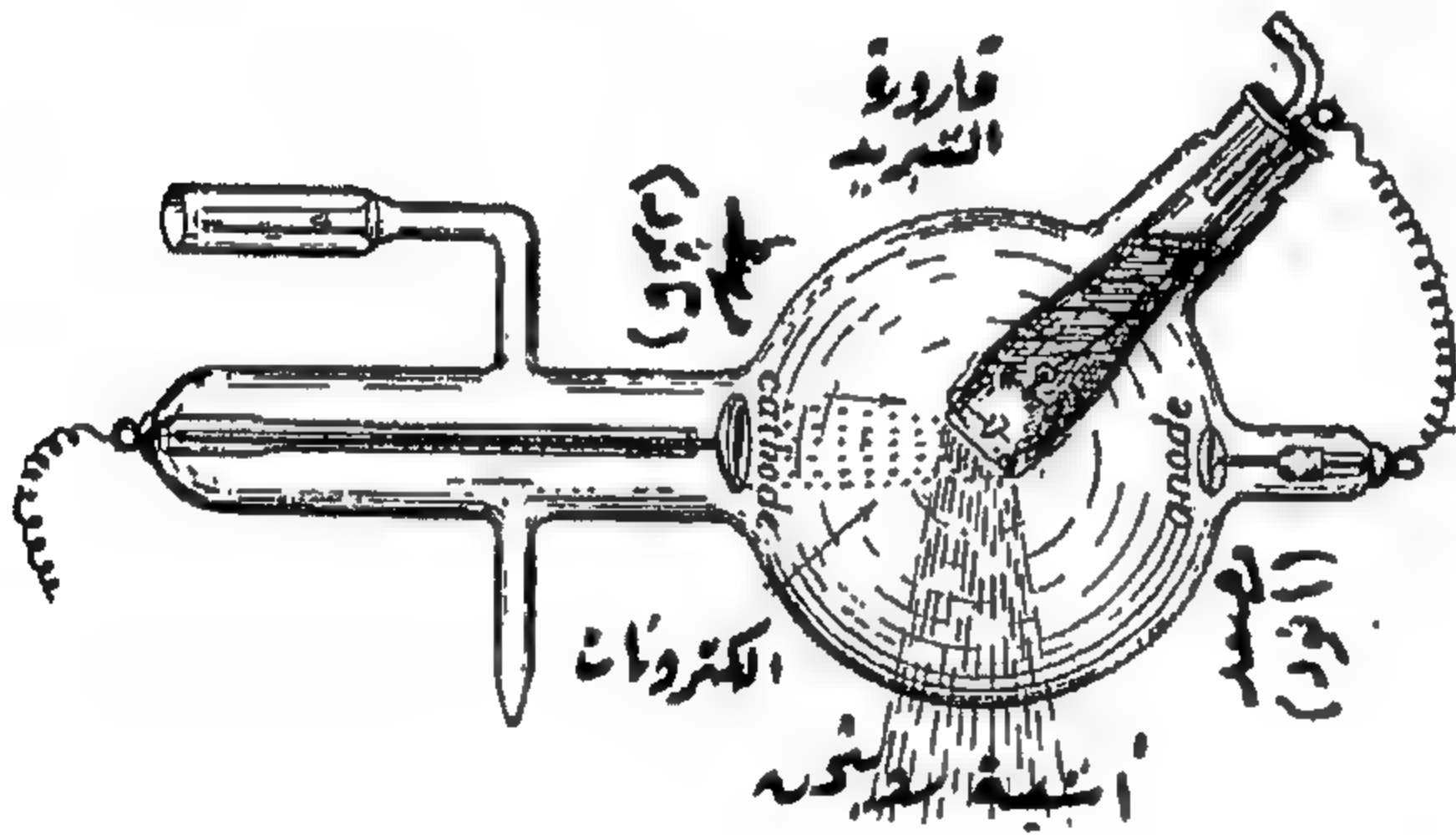
لم يقع لكثيرين مثل ما وقع للعلامة الأستاذ رونتينج الألماني رئيس المعهد الفيزيقي سنة ١٨٩٥ ، إذ قيض الله له أن يكشف ذلك الكشف العلمي العجيب . ولئن ود أحد من الناس أن يتحدث عن أمر عجيب أو كشف علمي خطير من كشوف القرن التاسع عشر ، فما عليه إلا أن يتحدث عن أشعة رونتينج التي اشتهرت بأشعة إكس X ،



أي الأشعة السينية ، وذلك لأن هذه الأشعة زادت من قوة الإبصار لدى الإنسان حيث مكنته من أن يخترق ببصره الحجب ، ويرى حتى أحشاءه التي ينطوى عليها جسمه ، وحتى عظامه رغم ما يكسوها من لحم وما يحيط بها من أوعية دموية ، وحتى الأجنة في بطون الأمهات . والحق إن كشف هذه الأشعة يتضمن فصلا من أعجب الفصول في تاريخ العلوم .

حقيقة إن استكشافها جاء عرضاً ، ولكن الحال هنا لا يمكن أن تقارن بحال عابر السبيل الذي يعثر مصادفة على كيس مملوء ذهباً ، بل هي

حال ذلك المنقب عن الذهب الذى يعثر عرضاً على قطعة من الذهب الخام . لقد كانت رونتجن يجرى تجارب فى التفريغ الكهربائى خلال الأنابيب المفرغة التى هى عبارة عن أنابيب أو بصلات زجاجية فرغ هواؤها . والمصباح الكهربائى نوع من هذه الأنابيب ولكنه لا يصلح لتجارب رونتجن هذه إلا إذا أزيل منه الشريط وبقى سلكا البلاتين كما هما . فإذا ما أطلق التيار فى أنبوبة من هذه الأنابيب لقي بعض العناية فى مروره من أحد سلكى البلاتين إلى الآخر ، وهو لا يستطيع فى الواقع أن يمر ما لم يكن بالأنبوبة أثر طفيف من الهواء . وحتى مع هذا فإنه يحتاج إلى ضغط كهربائى أكبر من المعتاد فى إضاءة الشريط لإجراء التجربة . وجرت العادة أن يوضع سلكا البلاتين فى الأنبوبة متقابلين كل فى طرف من طرفيها لا متجاورين ، وعدا هذا فإن السلكين غير مدببين بل ينتهيان عادة بقرصين صغيرين .



فحينما ينطلق تيار فى زجاجة من هذا النوع فإن قليل الغاز الموجود فيها يضيء ضوءاً غريباً تبدو فيه عادة ألوان جميلة مرتبة على هيئة طباق . وتكون هذه الطباق

(شكل ١٠٣) أنبوبة أشعة رونتجن

مجاورة للسلك الموجب الذى يسمونه « الأنود » ، أى « المصعد » . أما عند السلك السالب وهو الذى يسمى « الكاثود » أى « المهبط » ، فإنه توجد طبقة من ضوء أبيض أو بنفسجى تليها منطقة مظلمة تفصل ما بينها وبين المنطقة الأخرى المضيئة . وكلما كان تفريغ الأنبوبة شديداً امتدت هذه المنطقة المظلمة حتى تملأ الأنبوبة كلها .

مولد الأشعة الرونتجنية

وعندئذ يحدث شئ عجيب . بسطع لون أخضر على جزء الأنبوبة المقابل للمهبط ،

وفي هذا اللون الأخضر تتولد الأشعة السينية . ويجدر بنا قبل شرح كيفية نشوء هذه الأشعة أن نذكر باختصار ما يحدث في الأنبوبة المفرغة ، ويكون سبباً في ابتعاث هذا اللون الأخضر .

لو أننا فرضنا أن لدينا مجهراً (ميكروسكوب) تفوق قوة تكبيره قوة أكبر المجاهر الحالية ملايين المرات ، ثم سلطناها على الأنبوبة وأطلقنا أبصارنا خلاله لرأينا عجبا ، رأينا مظهر نشاط غريب جداً — مظهر أسراب عظيمة من جسيمات صغيرة تناسب من المهبط بسرعة عظيمة جداً متدافعة في خطوط مستقيمة حتى تصدم الجدار الزجاجي المقابل فيظهر فيه ذلك البريق الأخضر . فهذه الجسيمات الصغيرة جداً هي في الواقع ذرات الكهر بائية ومنها يتألف التيار الكهر بائي .

نم يتألف التيار من سيل من هذه الجسيمات المتناهية في الصغر ، والتي يسمى الجسيم الواحد منها « إلكترون » . وهي أصغر كثيراً من ذرات المادة ، وتشق لنفسها ببطء طريقاً بين ذرات السلك ، وتصدمها باستمرار محدثة فيها مقداراً عظيماً من الحرارة . ويمر عدد واحد من الإلكترونات في كل جزء من أجزاء الدائرة في وقت واحد . وحينما يكون في الدائرة الكهر بائية سلك رفيع جداً فإن الإلكترونات بطبيعة الحال تسرع في مرورها منه لكي تخلى بسرعة أيضاً الطريق لما يأتي بعدها من الإلكترونات . وعلى ذلك ترتفع حرارة السلك كثيراً ، فإذا ما كان السلك شريطاً جعلته هذه الحرارة يتوهج مشعاً ضوءاً كما يحدث في المصباح الكهر بائي .

وعند ما تصل الإلكترونات إلى نهاية السلك المهبطي تضطر مرغمة إلى عبور الفضاء أو الفجوة التي بين السلكين ، بعضها عن طريق الإلكترونات الخلفية ، وبعضها عن طريق جذب المصعد لها جذبا شديداً . ولكن ذرات السلك نفسها تجذب الإلكترونات وتمسك بها . ولذا تلاقى الإلكترونات باستمرار كثيراً من العناء قبل أن تتمكن من ترك السلك . فإذا ما تخلصت من المهبط اندفعت إلى الأمام بسبب التنافر الحادث من الخلف والتجاذب الحادث من الأمام ، وتكون أشبه شيء بالحجارة الساقطة من علو كبير فإن اندفاعها يتزايد كلما أبعثت في الهبوط .

والقوة التي تؤثر في الإلكترونات أكبر بكثير من قوة الجاذبية ، فهي أكبر منها بما يزيد عن مليون مرة . والإلكترونات من جهة أخرى صغيرة جداً ، فهي لذلك لا تحدث تلفاً مهما زادت سرعتها ، ولكن سرعتها كبيرة جداً تبلغ حوالى خمسين ألف ميل في الثانية ، فلا عجب إذن إذا هي أحدثت آثاراً عجيبة إذا اعترضها الزجاج فأوقفها . وهذه الآثار تتزايد بكثرة إذا هي تركزت فوق لوح من البلاتين يوضع في مواجهة المهبط . فهذا اللوح ترتفع حرارته إلى درجة الأبيضاض ، وتبعث بأشعة رونتجن الشهيرة التي سماها رونتجن نفسه أشعة إكس X أى أشعة س المجهولة ، لكي يكون اسمها دليلاً على غموض حقيقتها .

قصة كشفها

وإليك قصة كشف هذه الأشعة . حدث أن رونتجن كان يجرى يوماً ما تجاربه على أنبوبة مفرغة محاولاً أن يخرج الإلكترونات من الأنبوبة إلى الهواء الطلق ، وكان قد أجرى هذه التجربة غير مرة مستخدماً فتحة صغيرة هي عبارة عن صفيحة رقيقة من الألومنيوم تستطيع الإلكترونات اختراقها . وكان يبحث في تأثير الإلكترونات في لوح من مادة قابلة للوميض ، وكان يريد أن يعرف ما إذا كانت الإلكترونات تظل تنبثق من الأنبوبة المفرغة إذا لُفت كلها بورق سميك أسود لا ينفذ الضوء العادى أم لا تنبثق . وكان يريد عدا ذلك أن يلاحظ هذا وهو وجهازه في ظلام دامس . ولشد ما كانت دهشته حين وجد هذا الحائل القابل للوميض يتألق ، وأن بعض ذلك الابتعاث المؤثر الخارج من الأنبوبة المفرغة قد وصل إلى الحائل خلال ذلك الورق السميك الأسود . وإذا حدث له ذلك رأى أن يدخل في تجاربه بعض التعديل ، فجاء بلوح من الخشب ووضعه بين الأنبوبة والحائل ، ولكنه وجد أن اللوح لم يحدث أى تغيير ، وما دامت الأشعة تضىء الحائل فهي لا بد قد اخترقت لوح الخشب . فرفع اللوح واستعاض عنه بكتاب ضخم ، ولكن ذلك أيضاً لم يؤثر البتة في الأشعة . فاتجه ظنه إلى أن الأشعة ربما تكون قد وصلت إلى الحائل بطريقة ملتوية غير مفهومة ولا واضحة ، ورأى أن يرفع يده

بين الأنوبة والحائل . وليتصور القارىء هنا دهشة الرجل حينما رأى على الحائل القابل للوميض صورة تبين عظامها وهيئة تركيبها لا مجرد ظل لها . لقد رآه ما رأى فأضاء الحجرة ليطمئن على يده ، ولكي يرى ما إذا كان لحمها قد تناثر فلم يبق إلا عظامها أم لم يصيبها شيء . ولكنه لم يجد شيئاً أصابها ، فاطمأن وأعادها إلى الوضع الذى تعترض فيه سبيل هذه الأشعة الغريبة ، فظهرت له صورة العظام مرة أخرى واضحة جلية ، ولم يبد اللحم فى الصورة إلا أثراً ضعيفاً . وكان ذلك كشفاً عظيماً .

وطارت أنباء ذلك الكشف حتى عمت أنحاء المعمورة ، وأجريت التجربة ألوف المرات ، وتحقق الناس أن حدثاً جديداً قد استكشف فزادت به معلومات الإنسان . فبه استطاعوا أن يعينوا مواضع الأجسام التى تنوى فى جسم الإنسان كالإبر والرصاص ، بل استطاعوا أن يصوروا بالفوتوغرافيا هذه الأجسام لما استبدلوا الحائل بلوح فوتوغرافى . ولم يتوان الجراحون فى استعمال هذا الكشف العظيم فى المستشفيات ، وأصبحنا نرى فى كل مستشفى كبير رجالاً مهمتهم استعمال أشعة رونتجن ليستعين الأطباء بها فى تشخيص الداء ووصف الدواء .

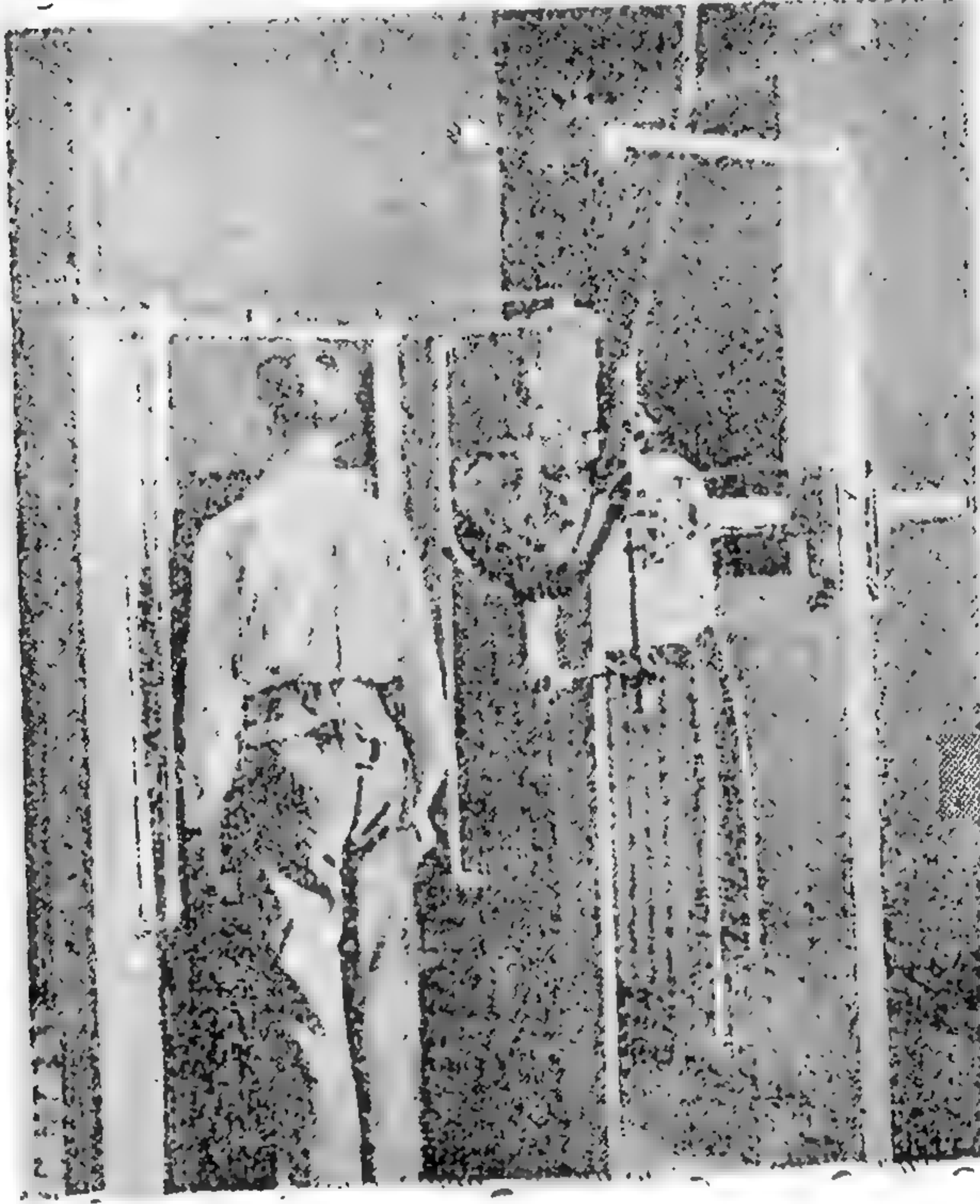
على أن الخير الذى ينبجم عن استكشاف جديد قد يصحبه شر ربما يكون له أسوأ الآثار . وقد كان الحال كذلك مع أشعة رونتجن . فقد وجد المشتغلون بهذه الأشعة أنها لسوء الحظ تؤثر فى جلدهم الذى يتعرض لها كثيراً إذ تجففه وتيبسه وتسخنه ، ووجدوا كذلك أن شعرهم يتساقط وأظافرهم تتناثر . والأُنكى من ذلك أنها جعلت تظهر فيهم الفينة بعد الفينة قروح تكاد لا تبرا . وقد كانت الموت فى بعض الأحيان يتخطف أولئك الذين يتعرضون طويلاً لأشعة رونتجن . ولكن العلم كما هى عادته قد نجح فى تجنب هذا الشر والاستفادة بالخير فقط ، فقد اهتدى المشتغلون بهذه الأشعة إلى استعمال حوائل من الرصاص لا تنفذ هذه الأشعة . وبذلك انتظم استعمالها فى الجراحة والطب ، وجاءت بأطيب الثمرات .

ولم يقتصر استعمالها على الطب وحده بل تدخلت فى الأعمال الهندسية والصناعية ، فقد وجدوا أن أشد أنواع هذه الأشعة نفاذاً يستطيع أن ينفذ من الصلب الذى يبلغ



(شكل ١٠٤) صورة فوتوغرافية لأقدم حذاء تسلطت عليها
الأشعة الروتينية وهي في الجورب والحذاء

سمكه ثلاث بوصات أو أربعاً . فإذا وجدت في الصلب فجوات أو عيوب أخرى ظهرت في الصور الفوتوغرافية المأخوذة بأشعة رونتجن ، وبهذه الطريقة تمكن المهندس من اختبار المواد دون قطعها كما يختبر الجراح العظام دون أن يزيل اللحم من فوقها .



ومن أهم تطبيقات هذه الأشعة استخدامها في كشف بناء البلورات ومكوناتها من الجزيئات . وقد أدت هذه التطبيقات إلى ظهور علم جديد هو «علم تكوين البلورات» عن طريق درس انعكاس هذه الأشعة من سطوح البلورات . واستطاع الفيزيقيون الآن أن يحددوا عن كيفية وضع ذرات الكلور والصوديوم

في بلورة من بلورات ملح (شكل ١٠٥) جهاز التصوير بالأشعة الرونتجنية يلتقط صورة صغير الطعام وهو الذي يسميه الكيميائيون كلورور الصوديوم . وعلى ذلك تكون هذه الأشعة قد كشفت اللثام عن تلك اللبنيات التي منها يتألف صرح البلورة العجيب .

كشف الراديوم

لم تكن أشعة رونتجن الأشعة الوحيدة الجديدة التي استكشفت في نهاية القرن التاسع عشر ، بل هناك أنواع أخرى جديدة ظهرت ، وكل منها أدخل في باب العجب من أشعة رونتجن نفسها . ومن عجب أن الفضل في كشفها يرجع إلى أشعة رونتجن هذه . فلقد مر

بنا ذكر التالى الأخضر على الزجاج ، وأيضاً ذلك الضوء الأبيض على الحائل البلاتيني الذى يقتنص الإلكترونات . وقد خطر لبعض العلماء أن يختبر هل كان حدوث هذا التلون أو الوميض مصحوباً بحدوث أشعة رونتجن أو أشعة تشبهها ، لها مثل صفاتها وخواصها أم لا . وإذا كانت أشعة رونتجن تحدث ومضاناً فى بعض المواد فهل المواد المومضة تحدث أشعة رونتجن ؟



(شكل ١٠٦) هنرى بكرل

وبدأ العالم الفرنسى هنرى بكرل تجاربه فى هذا الصدد . وكان أبوه إدمون بكرل قد طارت له شهرة عن طريق بحثه فى الومضان ، فكان من الطبيعى جداً أن يتابع ابنه بحث تلك المواد المومضة ليرى هل لومضانها علاقة بأشعة رونتجن أم لا علاقة لها بها . ومن غريب الصدف أنه اختار من بين هذه المواد المادة التى أدت به مباشرة إلى كشفه الجديد . وتلك كانت مادة الأورانيوم . فعرض بعض البلورات المشتملة

على الأورانيوم إلى ضوء الشمس حتى تألقت بضوء أزرق خفيف . وبعدئذ وضع هذه البلورات فى صندوق سميك مظلم كانت به بعض اللوحات الفوتوغرافية ، وتركها كذلك بضع ساعات . ولما عاد إليها بعد ذلك وجد أن البلورات قد سودت اللوحة الفوتوغرافية فظن أن ذلك إما أن يكون من أثر الضوء الأزرق أو من أثر أشعة رونتجنية انبعثت من البلورات . فاعتزم أن يعيد التجربة ثانياً ، ولكنه انتظر عبثاً ظهور الشمس يوماً بعد يوم . وقد كان احتجاب الشمس وراء السحب فرصة سعيدة أخرى سنحت ، لأن البلورات كانت طوال هذا الوقت موضوعة فى درج به لوحة فوتوغرافية تصلح لى تعرض بدورها هى أيضاً للشمس . ولما ضاق ذرعاً بهذا الانتظار رأى أن يؤجل التجربة حتى يحين الوقت المناسب ، وأن يستخرج اللوحة الفوتوغرافية ليتم عمله فيها . وما كان أشد دهشته حين

وجد أن البلورات قد رسمت لنفسها صورة على اللوحة على الرغم من أنها كانت ملفوفة بورق سميك أسود ، وعلى الرغم من أن البلورات نفسها لم تكن تعرضت لضوء الشمس . فخطر له أن البلورات ربما تكون قد تعرضت لضوء الشمس زمنا طويلا ، وأنها إنما تتخلى بالتدريج عن الضوء الذي سبق لها أن امتصته . فحجبها شهورا وهي في ظلام دامس ، ثم عرض لفعالها مرة أخرى لوحة فوتوغرافية . ولكنه وجد أن النتيجة هي هي على عكس ما كان يتوقعه . ومن ثم اتضح له أن فعل الأورانيوم غير متعلق بتأنا بالضوء وأنه مستمر دون توقف .

وبقي بعد ذلك ما هو أعجب وأغرب . ذلك أن هذه القوة الكامنة في الأورانيوم والتي تكشفت عن نوع جديد من الأشعة التي أثرت في اللوحة الفوتوغرافية قد ظهر أنها لا تنعدم ، سيان في ذلك سخن الأورانيوم في بودقة ، أو دق حتى صار مسحوقا ناعما ، أو خلط بمواد أخرى ، أو صهر ، أو غلى ، أو أضيف إليه حامض من الأحماض . فقد ظل التأثير واحدا كما هو دون تغيير ما دامت كمية الأورانيوم لم يعتورها نقص ولا تغيير .

وبدا له أن هذه القوة الجديدة الغريبة كامنة في ذرات الأورانيوم نفسها .

وقد كانت هذه القوة جديدة ومن ثم كان لا بد لها من اسم جديد . فأطلقت عليها مدام كوري هذا الاسم « النشاط الإشعاعي » وقد اشتهرت هذه السيدة ببحثها في الكشف عن العناصر التي لها مثل خواص الأورانيوم . وهذه السيدة بولونية الجنس . درست في باريس واشتركت مع زوجها



(شكل ١٠٧) مدام كوري

كوري أستاذ الفيزيكا في السوربون في إجراء بحوثها الأولى في هذا الموضوع ، فكان أول عنصر وجد له مثل خواص الأورانيوم هو عنصر الثوريوم . ولكنها شاهدت أن بعض المعادن التي تحتوي على عنصر الأورانيوم أو مركباته شديدة الابتعاث لمثل هذه الأشعة المنبعثة من الأورانيوم ، وشاهدت فوق ذلك أن تأثير هذه المعادن أشد كثيراً مما ينتظر أن يكون إذا اعتبر التأثير مقصوراً على ما تحتوي عليه من عنصر الأورانيوم ، فكان ذلك منبثاً بأن هذه المعادن تحتوي على عنصر آخر غير معروف أشد فعلاً وأكثر تأثيراً من الأورانيوم نفسه . وابتدأت عند ذلك في سلسلة بحوث شاقة لاستئصال هذا العنصر وتجريده . وقد أمدتها حكومة النمسا في ذلك العهد بطن من المعادن المستخرجة من مناجم بوهيميا لاستعماله في تلك التجارب ، وجاءت نتائج بحوثها على ما تأمل . فاستخلصت سنة ١٨٩٨ عنصريين مختلفين لم يكونا معروفين من قبل أشد فعلاً من الأورانيوم . وسمى الأول « البولونيوم » نسبة إلى بولونيا وطنها ومسقط رأسها ، وسمى الأخير « الراديوم » وكان أشد فعلاً من الأول ، ويبلغ فعله مليوني مرة فعل مقدار من الأورانيوم يساويه وزناً . وقد ثبت أن الراديوم هذا خطر كأشعة رونتجن لأن مدام كوري احتفظت بقليل منه في كمها ، فأصابها بسببه قرحة لم تبرا منها إلا بعد عدة أشهر . وقد عينت مدام كوري بعد وفاة زوجها في حادث تصادم سيارة أسيادة لعلم الكيمياء في جامعة باريس ، فكانت بذلك أول امرأة تعين في مثل هذا المنصب في بلد كباريس له مكانته العلمية . وتوفيت في صيف سنة ١٩٣٤ وهي منكبة على بحوثها في الراديوم .

أنواع الأشعة الراديومية

وقد أدى البحث في الأشعة المنبعثة من الراديوم إلى استكشاف ثلاثة أنواع مختلفة تنبعث منه ، وقد سميت بأسماء الحروف الثلاثة الأولى الإغريقية ألفا وبيتا وجاما ، أي ألف وباء وجيم . وكل من هذه الأشعة تختلف عن زميلتيها اختلافاً كبيراً . فأما الأشعة الجيمية فتشبه أشعة رونتجن وتزيد عنها في القدرة على النفاذ ، حيث اخترقت حائلاً من الجرانيت سمكه ست بوصات .

وأما الأشعة البائية فأقل نفاذاً من الأشعة الجيمية ، وقد أمكنها أن تخترق صفيحة رقيقة من الألومنيوم ، ولكنها عجزت عن اختراق صفائح ألخن من هذه تغلبت عليها الأشعة الجيمية . وقد وجد من البحث أن الأشعة البائية كالأشعة المهبطية مكونة من جسيمات مشحونة بالكهربائية السالبة أى أنها مكونة من إلكترونات .

وأما الأشعة الألفية فقد رتها على النفاذ ضئيلة جداً ، فهي تكاد لا تنفذ خلال الورق المعتاد أو خلال بضعة سنتيمترات من الهواء . وقد ظهر حديثاً أن هذه الأشعة فى الواقع ما هى إلا ذرات مادية فقدت بعض إلكتروناتها ، وهذه الذرات المادية هى ذرات غاز الهليوم وهو ذلك الغاز النادر الخفيف الذى استكشف فى الشمس قبل أن يستكشف فى الأرض بعشرين سنة . وليس هذا مكان شرح وسائل كشفه فى الشمس . وتنبعث من الراديوم هذه الذرات غير التامة بسرعة تبلغ عشرة آلاف ميل فى الثانية .

وقد ثبت للعالماء أن الراديوم متى فقد إشعاعه كله استحال رصاصاً ، فهو ابن للأورانيوم إذن وأب للرصاص . أفلا ينزعج الكيماوى لاضطراره إزاء ذلك أن يدخل الأنساب فى علم الكيمياء وأن يحسب أعمار العناصر ؟ على أننا لو استطعنا أن نرغم هذه الجسيمات الكهربائية التى تدور بسرعة عظيمة جداً داخل الذرات على أن تؤدى لنا عملاً لاستغنيننا عن الآلات البخارية والمحركات البترولية . ولكننا لا نرى فى الوقت الحاضر وسيلة لاستخلاص هذه القوة واستخدامها فى شؤوننا . ولعل تقدم الكشف العلمى يكفل تحقيق ذلك فى المستقبل ، فىقوم بعد مائة سنة مثلاً من يصف ذلك بأنه كبر كشف وأعظم اختراع وصل إليه الباحثون .

الفصل التاسع عشر

السفن الهوائية وآلات الطيران

حينما نقرأ أخبار الاختراعات العظيمة التي تمت أو نسمع بها نرانا نميل إلى الظن بأنها لا بد كانت مخترعة يوماً ما حتى لو لم يكن مخترعوها أنفسهم قد خلقوا . ولكننا لا نعدو الحق إذ نقول إن كثيراً من الصعاب تعترض سبيل كل مخترع ، ولا يمكنه أن يتخطاها إلا بصبره وثباته وقوة عزمته . وحدث كثيراً أن تكون المسألة التي يواجهها المخترع قد عرض إليها قبله زملاء أخفقوا في الوصول إلى حلها ، وكان يمكن أن يؤدي هذا الاخفاق إلى الاعتقاد بأن النجاح مستحيل . ومع ذلك فقد يشغل البعض بمحاولة إثبات هذه الاستحالة ثم يجهرن بأنها مسألة ميثوس منها . وليس أخطر على الاختراع والمخترعين من هذه الاتجاه ، فأقل ما فيه أنه يزعج المخترعين والمستكشفين ويقاق بالهم . وقد يترقون بنفوسهم لا يفتأون يذكرون لهم أنهم إنما يضيعون وقتهم عبثاً في محاولة حل مسألة مستعصية لا يمكن حلها .

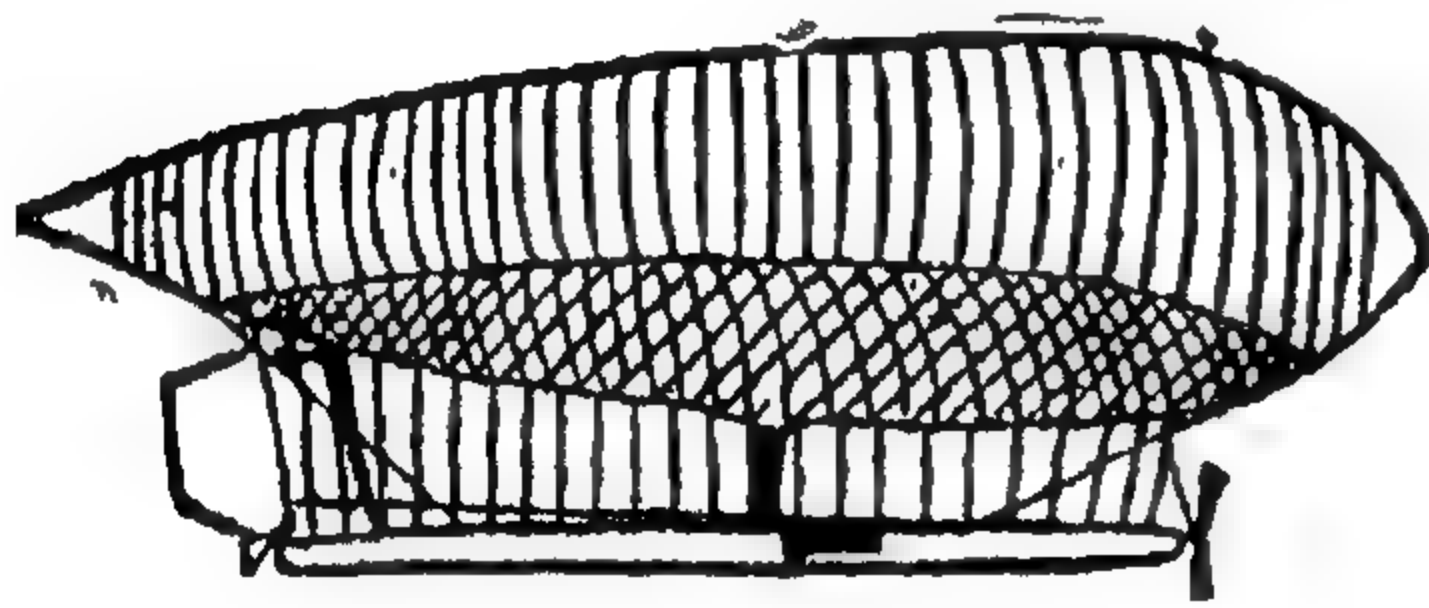
ومن المسائل التي اعتور حلها الإحجام تارة والإقدام أخرى مسألة الطيران . ولقد وصلت الطيور إلى حلها منذ القدم . وساد الاعتقاد إلى زمن غير بعيد بأنه لا يمكن أن تنشأ آلة طيران أي آلة تستطيع أن تحمل نفسها وتحلق في الهواء . وقديماً فكر العربي الأندلسي عباس بن فرناس في أن يجهز نفسه بأجنحة تشبه أجنحة الطير ، ولكنه لم يصل إلى بغيته كلها . وقد حلت قبيل الحرب العظمى مشكلة الطيران ، وقد لا يمضي زمن طويل حتى نرى الطائرات الميكانيكية يتم استعمالها في الانتقال فتحل محل الدواب والعربة والسيارة والقطار والسفينة الشراعية والباخرة . ونحن نرى اليوم بوادر ذلك في الطائرات البريدية والتجارية والحربية .

ولا سراة في أن حل مسألة الطيران قد أثر في تقدم المدنية الحديثة تأثيراً محسوساً .

وما أسعدنا إذ نعيش اليوم في زمن ظهر فيه اختراع أهم من القاطرة والباخرة في سرعة لم الشمل وتقريب البعيد ، بل ما أسعدنا إذ استطعنا أن نرقب يوماً بعد يوم صعاب الطيران وقد صرعا العلم واحدة بعد أخرى ، وإذ صرنا نتتبع بالإعجاب أنباء انتصارات العلم وبطولة المخترعين . وكل ما يرتجى الآن أن تتغلب ميول الخير في الإنسان على ميول الشر فيستخدم هذه الكشوف وتلك الاختراعات في خير الإنسانية لا غير .

المنطاد

وقد كان المنطاد أول آلة تمكن بها الإنسان من الصعود كالصقور في الهواء ، ولا يعرف أحد بالضبط متى خلق أول منطاد في الهواء . ولكن يروى أن منطاداً طار في بكين عاصمة الصين سنة ١٣٠٦ في يوم تتويج أمبراطورها . ويروى أيضاً أن قسيساً برتغالياً من بلدة لسبون امتطى منطاداً مملوءاً بالهواء الساخن وحلق به في الهواء . أما أول حادث موثوق منه في هذا الصدد فيرجع إلى سنة ١٧٨٣ .



(شكل ١٠٨) منطاد قديم

وحدث قبل ذلك بعدة سنين أن وجد العالم الانجليزي كافندش أن غاز الهيدروجين أخف من الهواء أربع عشرة مرة ، وهو لذلك يرتفع صعوداً في الهواء . وقد حقق ذلك بأن ملأ

فقاعة صابون بالهيدروجين بدلا من الهواء ، فارتفعت بسرعة حتى أدركت سقف الحجرة ، وهناك انفجرت . فلفتت هذه التجربة الأنظار إلى إمكان رفع الأشياء في الهواء عن طريق الغازات الأخف منه . وكان من بين الذين لفتت نظرهم هذه التجربة أخوان شقيقان في فرنسا يقال لهما منجلفييه ، وكانا يملكان مصنع ورق ، ففي ذات يوم صنعوا كيسا كبيرا من الورق ، ثم نكساه فوق ناز يتصاعد منها دخان ظنا منهما أن هذا الدخان المتصاعد يرفع الكيس المتصاعد في الهواء . ولكن الورق كان ثقيلًا فلم يرتفع ذلك المنطاد . وقد يدخل مثل هذا الإخفاق اليأس في قلوب معظم الناس ، ولكن الأخوين

منجلفييه تبيننا سبب الإخفاق ، ومضيا يصلحان الخطأ ، وابتدئنا منطادا آخر ينفتح إلى أسفل ، وفي هذه المرة استخدمنا الحرير بدل الورق . ثم ملأه بالدخان المتصاعد من إحراق القش والصوف ظننا منهما أن هذا الدخان تطرده الأرض عنها فيرتفع منطادها في الجو . ولقد تبيننا في النهاية أن الهواء الساخن هو الذي يرفع المنطاد في الواقع لأنه أخف من الهواء البارد ، خاضعاً في ذلك لقاعدة أرشميدس الشهيرة التي تكلمنا عنها في الفصل الأول ، ومؤداها أن الجسم يفقد من وزنه بمقدار وزن المائع الذي يزيغه عند ما ينغمر فيه . ولا ننسى أن الغازات ومن بينها الهواء أجسام مائعة كالسوائل .

وارتفع فعلاً المنطاد الحريري الذي صنعه الأخوان منجلفييه وملأه بالهواء الساخن . ولكنه هبط لما برد هواؤه . فصنعنا منطادا جديداً يبلغ ارتفاعه أربعين قدماً وجعلنا غلافه من قماش اللف المغطى بالورق ، وجعلنا فتحة من أسفل . وعلقا تحت هذه الفتحة إناء من الحديد مليء قشاً وصوفاً مندبين لكي تكون نارها ضعيفة تساعد على الاحتفاظ بحرارة هواء المنطاد ثم خليا سبيله فصعد في الهواء في شهر يونيه سنة ١٧٨٣ ، وسبح فيه حتى غاب عن الأبصار يحمل معه رسالة الإنسان إلى السحب التي أوشك أن يفتحها فاتحاً غازياً .

ووصلت باريس أنباء هذا النجاح العظيم ، وقام كثيرون يقلدون هذا الاختراع الجديد ، ويدخلون عليه تحويراً وتحسيناً . وصنع الأستاذ شارل منطاداً آخر من الحرير ، وغطاه بطبقة من المطاط حتى لا يتسرب غازه إلى الجو . ثم ملأه بالأيديروجين ، وأطلقه أمام جمع غفير من الناس فصعد في الهواء وغاب عن الأنظار . وبعد ذلك ببضعة أيام عاد الأخوان منجلفييه إلى باريس ومعهما منطاد ضخم يبلغ ارتفاعه اثنتين وسبعين قدماً وقيدها بالحبال ، ووصلا به سلة كبيرة من الخوص وضعوا فيها شاة وبطة وديكا . ثم أطلقاه بحضور الملك والملكة فسبح في الجو . ولما هبط إلى الأرض في إحدى بلاد الريف كان الديك في حالة إغماء عنراها البعض إلى عظم الارتفاع ، وتفنن غيرهم فأكد أن الشاة دهسته ، وأصر آخرون على أن البطة لابد أن تكون عضته . ولكن الديك أفاق وبذلك يكون الركاب الثلاثة قد وصلوا إلى الأرض سالمين .

وبدأ الناس بعد ذلك يتطلعون لرؤية ابن آدم يصعد محلقا في السماء . وما جاء نوفمبر من السنة عينها حتى امتطى فرنسيان منطادا ناريا (إن جازت هذه التسمية) وحاقا به في سماء باريس فوق نهر السين ، وكان تحليتهما هذا فاتحة عصر جديد ، وإيذاناً بانتصار الإنسان على الهواء ، واقترب اليوم الذي يسيطر فيه عليه .

« وظهر بعد ذلك الأستاذ شارل الفرنسي بمنطاده الإيدروجيني ، وكان قد هذبه في الفترة التي انزوى ليعمل فيها . فلتوزيع الضغط عليه بانتظام غطاه بشبكة تتدلى أطرافها فتحمّل طوقا من خشب شد إليه سبت أو سلة للركاب ، وركب في قمة غلاف المنطاد صماما يحركه الراكب في السبت بوساطة حبال ، فيسمح بذلك لبعض الغاز بالتسرب إلى الهواء فيثقل المنطاد أو بالأصح يقل رفع الهواء له . ووضع فيه بارومترا لقياس الارتفاع . وهكذا هذب شارل المنطاد حتى قرب به من الشكل الذي هو عليه في أيامنا ، وصعد بواحد من هذا النوع في ديسمبر سنة ١٧٨٣ مع راكب آخر وظلا في الهواء نحو أربع ساعات قطعا فيها نحو أربعين ميلا ، ثم أنزل الراكب واستأنف الصعود حتى وصل إلى علو أحس فيه بتأثير الارتفاع (برد وألم في الآذان) ففتح الصمام الذي أشرنا إليه ونزل بعد أن قضى في الهواء نحو نصف ساعة أخرى . »

ولما وصل المنطاد إلى هذا الحد من التقدم ، وعرف الإنسان كيف يحمله على الهبوط بفتح الصمام العلوي ، وكيف يحمله كذلك على الصعود بتخفيفه برمي بعض ما به من أثقال تحمل كصابورة ، لم يكن قد بلغ بعد كل ما كان يرجى له من تقدم . وظل كذلك سنين كثيرة . وقد قال بنيامين فرنكاين لما رأى أول منطاد إنه يرى طفلا صغيرا يرجو أن يراه في المستقبل ماردا كبيرا . ولكن المنطاد ظل بعد ذلك تسعين سنة لم يدخل على بنائه خلافا لأي تحسين حاسم . على أن رواد الهواء الشجعان عبروا بحر اللانش من دوفر إلى كاليه ، وسافروا من لندن إلى ألمانيا ، وتم ذلك سنة ١٨٣٦ للانجائيزي جرين في منطاد كبير مملوء بغاز الاستصباح ، ووصل رواد الهواء إلى ارتفاعات عظيمة فيه . ففي سنة ١٨٦٢ صعد انجليزيان هما جليشر وكوكسويل إلى ارتفاع قدره سبعة أميال ، وكان ذلك أقصى ارتفاع وصل إليه الإنسان إذ ذاك في منطاد . وارتفع النبض عندها

حتى بلغ ١١٠ بدلا من ٧٠ أو ٨٠ فا كمد وجهها ، وفقد جليشر إدراكه . ولم يستطع كوكسويل تحريك يديه من شدة البرد في هذه الطبقة العليا من الهواء ، ولكنه ألهم أن يشد بأسنانه حبل الصمام فعاد هو وزميله سالمين إلى الأرض .

وفي خلال الحرب السبعينية التي شبت بين الألمانين والفرنسيين أطلق الباريسيون في الهواء عددا من هذه المناطيد لما حاصر الألمانيون باريس . وحملت هذه المناطيد إلى المقاطعات الفرنسية من الخطابات نحو مليونين ونصف مليون . ولكن سكان هذه المقاطعات لم يستطيعوا الرد عليها إذ كيف كانوا يضمنون وصول منطاد إلى باريس . فليس مدهشا إذن أن يسعى الفرنسيون لما انتهت هذه الحرب إلى إنشاء منطاد يمكن أن يقاد ويوجه إلى أية جهة تراد . وقد بنى أول منطاد من هذا الطراز سنة ١٨٧٢ ، وبنى الثانى بعد ذلك بإحدى عشرة سنة ، ولكن هذين المنطادين لم يكونا محكمى البناء فلم تستطع محركاهما البخارية أن تصعد بهما فى الهواء .

المنطاد المسير

وظل الأمر كذلك حتى اخترعت السيارات فعرف المهندسون الميكانيكيون كيف يبنون المحركات القوية التى تصلح لتسيير المناطيد . وفى هذا يظهر كيف تعاون طائفة من المخترعين طائفة أخرى . والمنطاد الذى يمكن تسييره فى أى اتجاه يراد يسمى « سفينة هوائية » . وقد بنى فى السنين الأخيرة كثير من هذه السفن الهوائية . وتبدو الواحدة منها فى شكلها كالسيجارة . وقد ركبت فى بعضها سلات مصنوعة من قضبان خفيفة من الصلب أو الألومنيوم لركوب الركاب . وقد أمكن أن تقطع هذه السفن الهوائية فى رحلاتها الجوية ألوف الأميال .

ومن أشهر هذه السفن الهوائية تلك التى أنشأها سنة ١٩٠٧ الكونت زباين الضابط الألمانى . فقد بلغ طولها أربعمائة وعشرين قدماً ، وبلغ ارتفاعها ثمانية وثلاثين . وكانت أسطوانية الشكل يغطيها حرير أو جلد من نوع خاص مشدود على هيكل مؤلف من قضبان من الألومنيوم . وقد قسمت هذه الأسطوانة ستة عشر قسما محكمة حتى إذا ما ثقت

في أية جهة منها هبط هذا المنطاد المسير ببطء إلى الأرض دون أن يصيبه أذى . وقد طار منطاد من هذا النوع في أغسطس سنة ١٩٠٨ إلى سويسرا طيرة استغرقت إحدى عشرة ساعة . ولما قفل راجعاً إلى ألمانيا هبت عليه عاصفة فأنفجر واحترق ، واسكن الآراء أجمعت إذ ذاك على أنه كان مشيداً على أساس سليم . ولذلك هب الألمان على الفور وشرعوا يبنون مجموعة مناطيد من هذا النوع ، فابتنوا نحو ثلاثين تاف أكثر من نصفها فلم يزدحم ذلك إلا خبرة وإيماناً بالمستقبل . وقد تجسم ذلك في شخص الكونت زبلن الذي لم يجعل لليأس سبيلاً إلى قلبه . ولم يفت عضده توالى الكوارث ، ولم يزد الفشل إلا رغبة في التحسين حتى نجح النجاح الذي دفع بنى وطنه إلى أن يحترموه احتراماً قارب العبادة .



واستعملت في الحرب العظمى مناطيد زبلن هذه بكثرة في أعمال الكشف في البحار وفي إلقاء القنابل على البلاد المعادية . وقد نجحت أنتورب في بلجيكا وبخارست في رومانيا من غارات هذه المناطيد ما عانت ، ولم تنج إنجلترا من غاراتها في الليالي غير الممطرة . ولئن كانت ألمانيا قد برزت غيرها في بناء المناطيد المسيرة فإن

(شكل ١٠٩) منطاد حديث

دولا أخرى لم تكن قد تخلفت عنها كثيراً في هذا المضمار . فقد أنشأت بريطانيا خلال

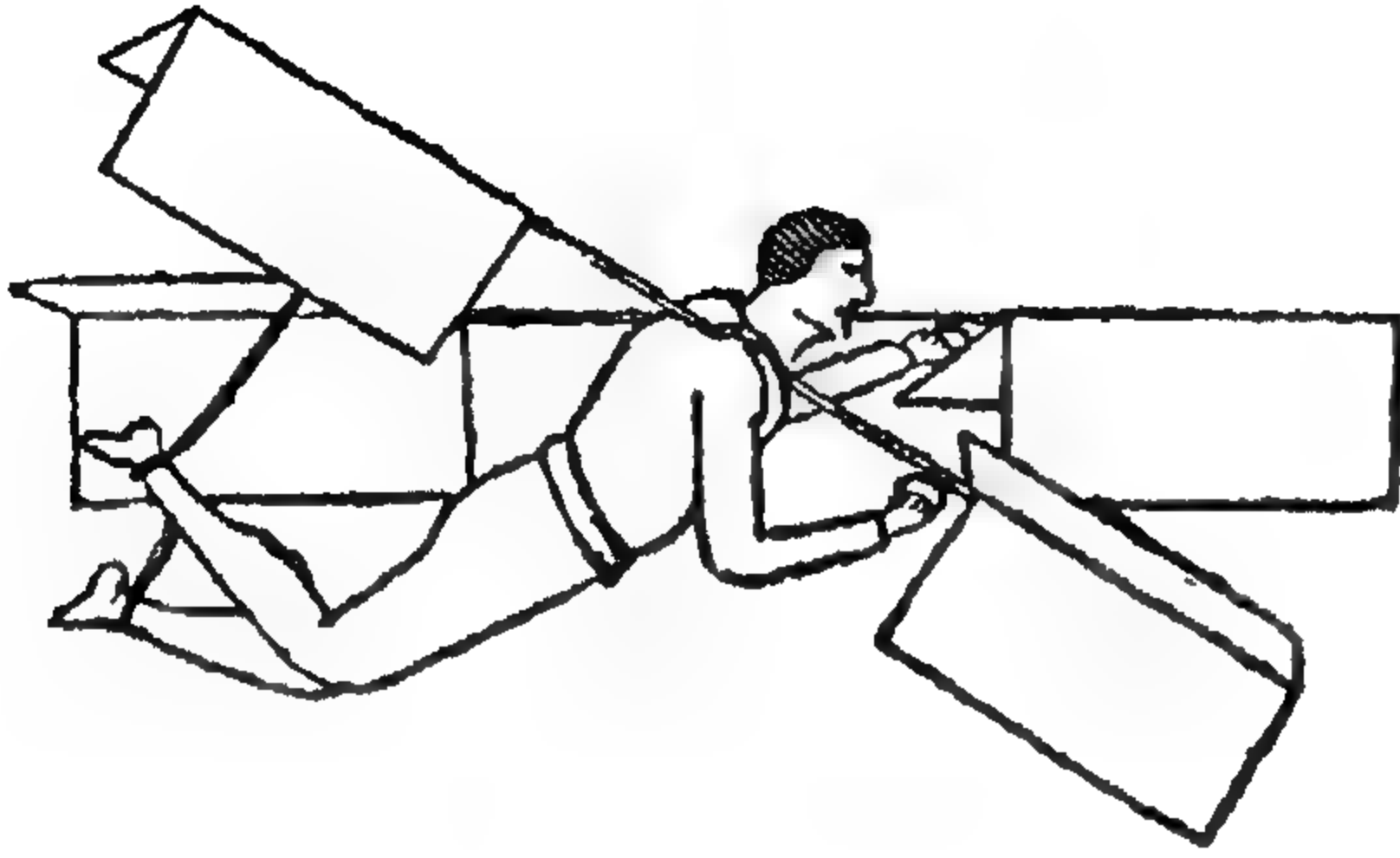
الحرب. عدداً كبيراً من السفن الهوائية الصغيرة المسماة «الباحثات عن الغواصات» أو «الكشافات البحرية» وقد كانت هذه نافعة جداً في كشف الغواصات ، وذلك لأن البحر إذا نظرت إليه من ارتفاع عظيم بدا لك أكثر شفافية مما لو نظرت إليه من ارتفاع صغير ، فضوء الجو المنعكس من الماء يكون أضعف ما يمكن إذا ارتد في نفس الاتجاه الذي انبعث فيه ، أى حينما يكون اتجاه نظر الرائي عمودياً على السطح ، ومن ثم يمكنك من المنطاد أن ترى الأجسام السوداء التي تكون غاطسة في الماء .

وابتنت بريطانيا العظمى منذ ذلك الوقت عدداً كبيراً من السفن الهوائية المسيرة . ومن هذه المنطاد ر ٣٤ الذي حلق في الجو ٥٦ ساعة فوق شواطئ بحر البلطيق قبل إمضاء معاهدة الصلح مع ألمانيا . وحدث بعد ذلك أن حلق فوق المحيط الأطلسي وأوغل فيه ، ثم عاد بمن عليه وكانوا ثلاثين راكباً . ويبلغ طول هذا المنطاد ٦٣٩ قدماً ، وسرعته ٥٥ عقدة في الساعة ، وتسيره خمسة محركات قوة كل منها ٢٥٠ حصاناً ، وتدار هذه المحركات بالبترول الذي يحمل المنطاد منه خمسة آلاف جالون تكفي لقطع أربعة آلاف ميل . ويمكن لهذا المنطاد أن يحمل ثلاثين طناً عدا وزنه البالغ ثلاثين طناً أخرى . وهو يحتوى على مليوني قدم مكعب من غاز الايدروجين وبلغت نفقات بنائه ثلثمائة وخمسين ألفاً من الجنيهات .

آلات الطيران

وبينما كان المخترعون مشغولين بإنشاء المناطيد حلت مسألة الطيران بطريقة أخرى تخالف تلك على خط مستقيم . فلقد أبى كثيرون إلا أن يقلدوا الطير إلى حد ما في الطيران . ولقد حاول البعض كما قلنا أن يصنعوا لأنفسهم أجنحة لكي يطيروا بها ، ولكنهم انتهوا إلى فشل ذريع وتعرضوا لخطر عظيم . لجسم الإنسان ثقيل بالنسبة لقوة عضلاته ، والطيور في هذا الصدد أقوى منا لأن عظامها ركبت على نمط أيسر من نمط تركيب عظامنا ، وغير محتمل بتاتا أن نصل يوماً إلى تغيير تركيب عظامنا بحيث تلائم أغراض الطيران ، بل لا نرى لزوماً لذلك . ولسباحة الجسم في الهواء طرق خاصة . فبعض

الطير يسبح في الهواء زمنا طويلا دون أن يحرك الأجنحة ، وبعضها يسبح بتحريك الأجنحة ، وكثيرون منا يعرفون كيف يجعلون إحدى ورق اللعب تسبح في الهواء بإكسابها حركة دوران سريعة .



(شكل ١١٠) فكرة قديمة للطيران

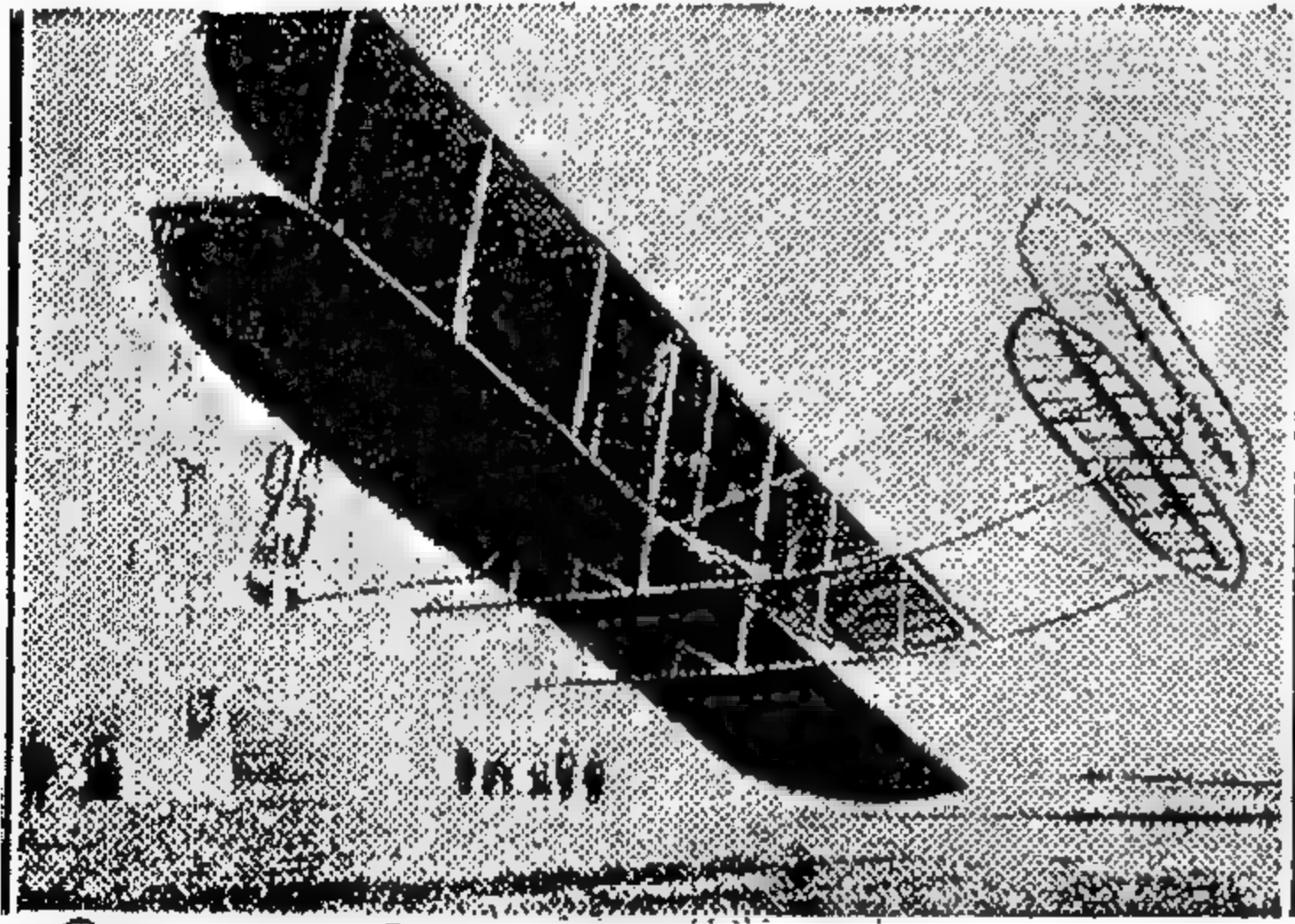
وكان الأستاذ لانجلي الأمريكي أول من أنشأ آلة صغيرة تستطيع أن تطير في الهواء . فقد وجد أن السطح المنبسط كلما تحرك بسرعة في الهواء في اتجاه أفقى احتاج لقليل من القوة لكي يرتفع في

الهواء . وهذه القوة تختلف باختلاف سرعة السير ، ولا بد من بلوغ هذه السرعة حدا أدنى قبل أن تصبح القوة الرافعة مساوية لوزن الجسم الطائر . وقد أعد لانجلي نموذجا على هذا الأساس مكونا من جزئين أحدهما وراء الآخر ، ثم جاء به إلى شاطئ بحيرة . وكان طول هذا النموذج خمسة أمتار وعرضه حوالى أربعة ، وصنع له لانجلي آلة بخارية قوتها حوالى حصان ونصف حصان ، ووزنها يقرب من ربع وزن النموذج كله . ثم طير هذا النموذج فطار فعلا عدة أميال قبل أن يسقط في الماء . وإذ توطدت قاعدة الطيران هذه بدأ المخترعون يطبقونها .

وطار فتیان أمريكيان هما أورفيل وأخوه ولبر رايت على طائرة ذات محرك سنة ١٩٠٣ في كيتى هوك . وكان ذلك بحضور خمسة رجال . فكانا أول من طار من بنى الإنسان في الهواء بهذه الكيفية . وفى سنة ١٩٠٦ طار سانتو ديومو البرازيلي فى باريس لأول مرة فى حفلة رسمية . وكان قد حول وجهته إلى الطائرة بعد أن أخفق فى إنشاء المنطاد الحربى الذى طلبته الحكومة الفرنسية . ولكنه لم يطر إلا بضع مئات من الياردات فى طائرته الأثقل من الهواء .

وكان السائد فى ذلك الوقت أنه يستحيل تطير آلة من تلك الآلات . ولكن هنرى

فارمان في ديسمبر سنة ١٩٠٧ نجح بطائرته في قطع دائرة كاملة في الهواء يزيد طول محيطها عن نصف ميل دون أن يهبط إلى الأرض . وفي يولية سنة ١٩٠٨ ظل فارمان طائراً في الهواء عشرين دقيقة قطع في خلالها أحد عشر ميلاً . وزادت سرعة السير حتى بلغت ستين ميلاً في الساعة . وفي أثناء ذلك ذهب ولبر رايت إلى فرنسا . فأحدث مجيئه إليها دهشة كبرى عند الذين كادوا ينسونه لاهتمامهم بما يحدث حولهم في فرنسا . وصرف زمناً طويلاً في الاستعداد حتى كاد الشعب الفرنسي يتميز غيظاً من طول الانتظار . وأخيراً طار ولبر مدة دقيقتين أول مرة ، ثم اتبعها بعد أيام بطيرة أخرى استغرقت أربع دقائق ، وجمعت مدة تحليقه تزداد ببطء حتى مضى شهر ، وإذا بأنباء البرق ترد من أميركا معانة أن أخاه أورفل طار ومكث في الهواء أكثر من ساعة . وكأنما كان ولبر ينتظر هذا الخبر بفارغ الصبر لكي يكون لأمریکا فضل السبق في هذا العمل على غيرها . وبعد قليل طار ولبر وظل طائراً أكثر من ساعتين قطع خلالها نحو ثمانين ميلاً فسحر الناس وأدهشهم . وسمح للبعض بالركوب معه ، وكان من بينهم سير بادن باول الكشاف الأعظم المعروف . وفي يوليو سنة ١٩٠٩ عبر مهندس فرنسي هو لويس بليريو بحر المانش من كاليه إلى دوفر في ثلاث وثلاثين دقيقة بطيارة أنشأها هو نفسه ، وتوارى عن الأنظار خلال طيرانه نحواً من عشر دقائق .



(شكل ١١١) أول طائرة من ذات السطحين وهي التي اخترعها رايت

وسارعت الحرب العظمى في تقدم بناء آلات الطيران كما سارعت في تقدم بناء السفن الهوائية ، وظهرت أنواع مختلفة للطائرات . فمنها ذات السطح الواحد والجناحين ، وذات السطحين التي لها زوجان من الأجنحة يعمل زوج منهما الزوج الآخر ، والطائرة البحرية ذات العوامات بدلا من

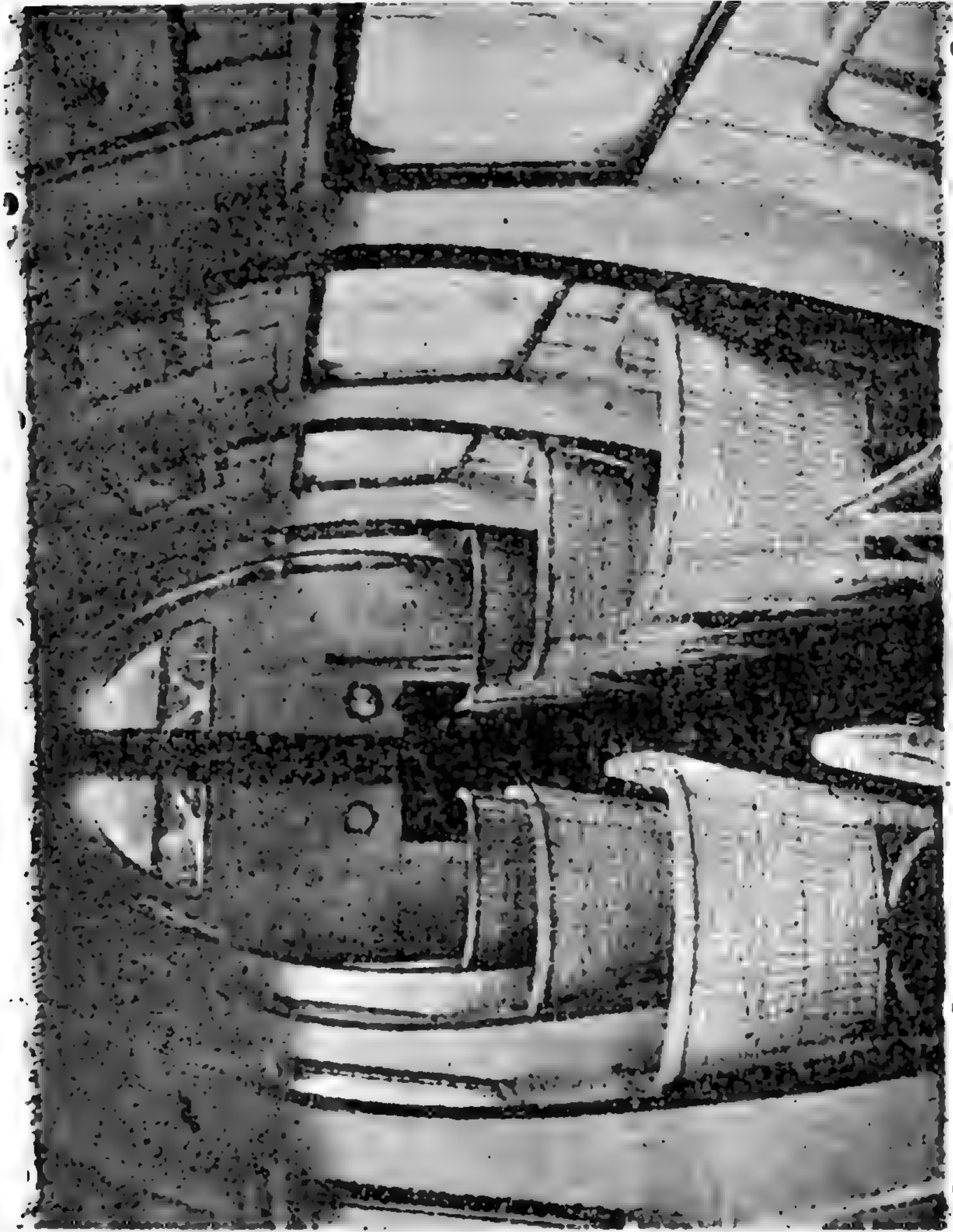
العجلات ، والقارب الطائر . وتمت بهذه الطائرات أعمال عجيبة . فقد عبرت جبال البيرينيز

وجبال الألب دون أن تشور عليهم نسور هذه الجبال ، وبذلك تغلبت هذه الطائرات على ملوك الهواء . وعبرت بعد ذلك جبال الأندس وجبال هملايا موطن الثلوج . وعدا هذا فالطيّارون أصبحوا يأتون بطياراتهم من الألعاب البهلوانية المدهشة ما يثير الإعجاب . واستخدمت الطائرات في أعمال الكشف في الحرب العظمى ، وقد مكنتها أجهزتها اللاسلكية من إرسال الإشارات لرجال المدفعية لتسديد الرماية ، وقامت هذه الطائرات بالقاء القنابل . وحدثت في مايو سنة ١٩١٧ أول غارة جوية من هذه الطائرات على لندن . وكانت أسوأ غارة تلك التي حدثت في يونيو سنة ١٩١٧ حيث ألقى سرب من الطائرات الألمانية في وضوح النهار القنابل التي قتلت كثيرين . ولم تخل ليلة من ليالى شهر سبتمبر القمرية في تلك السنة من إلقاء القنابل على إنجلترا . ولكن المدافع التي نصبت للإيقاع بالطيارات بمساعدة الأنوار الكشاف قد أوقفت هذه الغارات الجوية وجعلتها عديمة الجدوى . وحدثت آخر غارة جوية في شهر مايو سنة ١٩١٨ عندما كان الألمان يبدلون قصارى وسعهم لإحراز نصر عاجل . .

ولما انتهت الحرب العظمى تحولت الطائرات إلى مجالات أخرى سلمية ، فقد تم عبور المحيط الأطلسي بالطيارة حيث نجح الطيار الأمريكي ريد من فرقة سلاح الطيران الأمريكي في الوصول من أمريكا إلى لسبون عاصمة البرتغال طائراً ، ثم إلى مدينة بليموث في إنجلترا . وقام الإنجليزيون هوكر و جريف برحلتهم عبر المحيط الأطلسي في مرحلة واحدة . ولكنهما بعد أن قطعا ١٣٠٠ ميل حدث خلل في الآلة فهبطا إلى الماء وكان نزولهما بقرب باخرة دمركية صغيرة انتشلتهم وأوصلتهما إلى اسكتلندة بعد أن انقطعت أخبارهما ، وبعد أن ساد الاعتقاد بهلاكهما .

أما عبور المحيط في طائرة واحدة فقد تم على يد سير جون ألكوك وسير وتن براون في يونيو سنة ١٩١٩ ، فقد عبّراه في خط مستقيم تقريباً يصل ما بين أمريكا وإنجلترا في نحو ١٦ ساعة على طائرة من طراز فيكرز وفيمي من ذات المحركين اللذين من طراز رولز رويس .

وفي أواخر سنة ١٩١٩ تم الطيران من إنجلترا إلى استراليا على يد سير روس سميث



(شكل ١١٢) حل الركاب في طائرة حديثة من طراز فيكرز

وشقيقه سير كيث سمث ورفيقهين لهما في ظرف ثلاثين يوما على طائرة من طراز فيكرز وفيمي . ومنذ ذلك الوقت كثر عبور الطيارين للمحيط الأطلسي من الغرب إلى الشرق ، وفي سنة ١٩٢٨ تم عبوره من الشرق إلى الغرب .

وصنعت أول طائرة من الخشب ، ولكن في سنة ١٩١٩ كان قد تم صنع أكثر من ألف طائرة من المعدن ، واقتنع الخبراء بإمكان صنع طائرات تزن الواحدة منها ألف طن . ووصلت سرعة الطائرات الآن إلى مائتي ميل في الساعة مع أن أقصى سرعة بلغت

سنة ١٩١٩ كانت مائة وخمسين ميلا . ولو كان في الإمكان الصعود في طبقات الجو العليا إلى ارتفاع قدره خمسون ميلا لما أبدى الهواء عندئذ مقاومة تذكر ، وبلغت السرعة ألف ميل في الساعة فتستطيع بذلك أن تسير طائرة حول الأرض دون أن ترى الشمس تغرب . وبعد فقد استكشف الإنسان لنفسه طريقاً جديداً لأسفاره ، وهو طريق يؤدي إلى كل مكان ، ولا يحتاج لتمهيد أو إصلاح من آن لآن . وبذا ابتداء عهد جديد لتقدم المدنية . وسيكشف لنا المستقبل ما إذا كنا سنتخطى حدود كوكبنا الصغير الذي نقيم عليه ونعني به هذه الأرض ، فنقلت منه إلى ذلك الفضاء الكائن ما بين الكواكب والنجوم ، أو سنبقى في كوكبنا هذا محبوسين إلى أن يشاء الله .

الفصل العشرون

الغواصة

المكان الطبيعي لسير السفن هو سطح ماء البحر أو ماء النهر . وإن أسلافنا الأقدمين ما كانوا يتوانون عن الضحك لو حدثهم أحد باستطاعة سير السفن تحت الماء ، بل إنهم كانوا يتبعون الضحك بالسخرية من الحديث وصاحبه ، فأين الهواء الذي يستنشقه البحارة وهم تحت الماء ؟ وكيف يستطيعون أن يشقوا طريقهم في ظلام الأعماق ؟ بل أنى لهم أن يديروا أية آلة بخارية دون وجود الهواء ، والنار كما نعلم لا تشتعل إلا إذا وجد الهواء ؟ وآلات الإحتراق الداخلى التى تدار بالبتروىل أو بالبنزين تحتاج للهواء لكي يتحد ببخار البتروىل أو بخار البنزين ويسبب الانفجار الذى يدفع بالآلة إلى الحركة . ونرى ذلك فى السيارات ورافعات المياه البترولية . فكيف تستطيع إذن سفينة أن تسير فى جوف الماء ؟ لقد استطاع الأقدمون الغوص تحت الماء فى ناقوس الغوص . ولكن هذا الناقوس لم يكن سفينة تجرى بل كان وسيلة للبقاء تحت الماء فى مكان مختار لإنجاز عمل خاص . ولقد وصف أرسطو ناقوساً من هذا النوع استعمل فى حصار بلدة صور منذ أكثر من ألفى سنة ، ونراه فى وصفه يشير إلى غواصين مجهزين بأنبوبة للهواء « تشبه خرطوم الفيل » يصل إليهم الهواء اللازم من خلالها . ويقال إن الاسكندر الأكبر استخدم الغواصين فى الجروب . ونرى بالابنى يتحدث عن جهاز غوص عظيم ، ويشير بىكون إلى أنابيب الهواء التى استعملها الغواصون .

وحدث سنة ١٥٧٩ أن اخترع وليم بورن من رجال المدفعية الإنجليزية قارباً غواصاً ذا مفاصل جلدية تتسع وتضيق حسب الإرادة بوسائل آلية ، وبذلك يكبر حجم القارب ويصغر حسب الإرادة . فإذا أراد السير على سطح الماء جعل القارب فى أكبر حجمه ، وإن رغب تغطيسه فى الماء صغر حجمه فلا يستطيع أن يدفعه الماء إلى أعلى فيهورى إلى

الأعماق ، منقاداً في حالي طفوه وانغماره لقاعدة أرشميدس . ولكن كيف استطاع هذا الرجل أن يتنفس وهو تحت الماء ؟ لقد ركب في قاربه سارية مجوفة ترتفع حتى سطح الماء حيث الهواء . وظاهر أن قمة هذه السارية أو الأنبوبة لابد أن تكون دائماً متصلة بالهواء .

وفي عصر الملك جيمس الأول اخترع هولندي يدعى كونييلوس فان در بل ، وكان قد أقام في إنجلترا بعد سنة ١٦٠٠ ، قوارب غواصة جربها في نهر التاميز . ويقال إن الملك جيمس صحبه في إحدى سياحاته تحت الماء . وفي سنة ١٦٢٦ أباح الملك شارل الأول لهذا المخترع نفسه أن يبنى « قوارب تسير تحت الماء » وأن يصنع كذلك « الغاماً وأسهماً نارية مائية » . واقترح هذا الرجل على الملك شارل بناء غواصات لكي يستعملها في حربه ضد فرنسا . لكن شيئاً من ذلك لم يتم .

واستعملت الغواصات لأول مرة في حروب الاستقلال الأمريكية أي منذ أكثر من مائة وخمسين سنة . فقد صنع أمريكي يدعى بوشنل غواصة صغيرة من الخشب تستطيع أن تسبح في جوف الماء حتى تصل إلى ما تحت قرار إحدى السفن المعادية ، وهناك تترك لغماً لفسفها . وكانت السفن الحربية في تلك الأيام تصنع من الخشب ، فكان راكب الغواصة يستطيع أن يدق في قرار السفينة مسباراً يربط به حبل قنبلة أو لغم ينفجر بعد مضي زمن معين ، وذلك بواسطة تركيب آلي خاص .

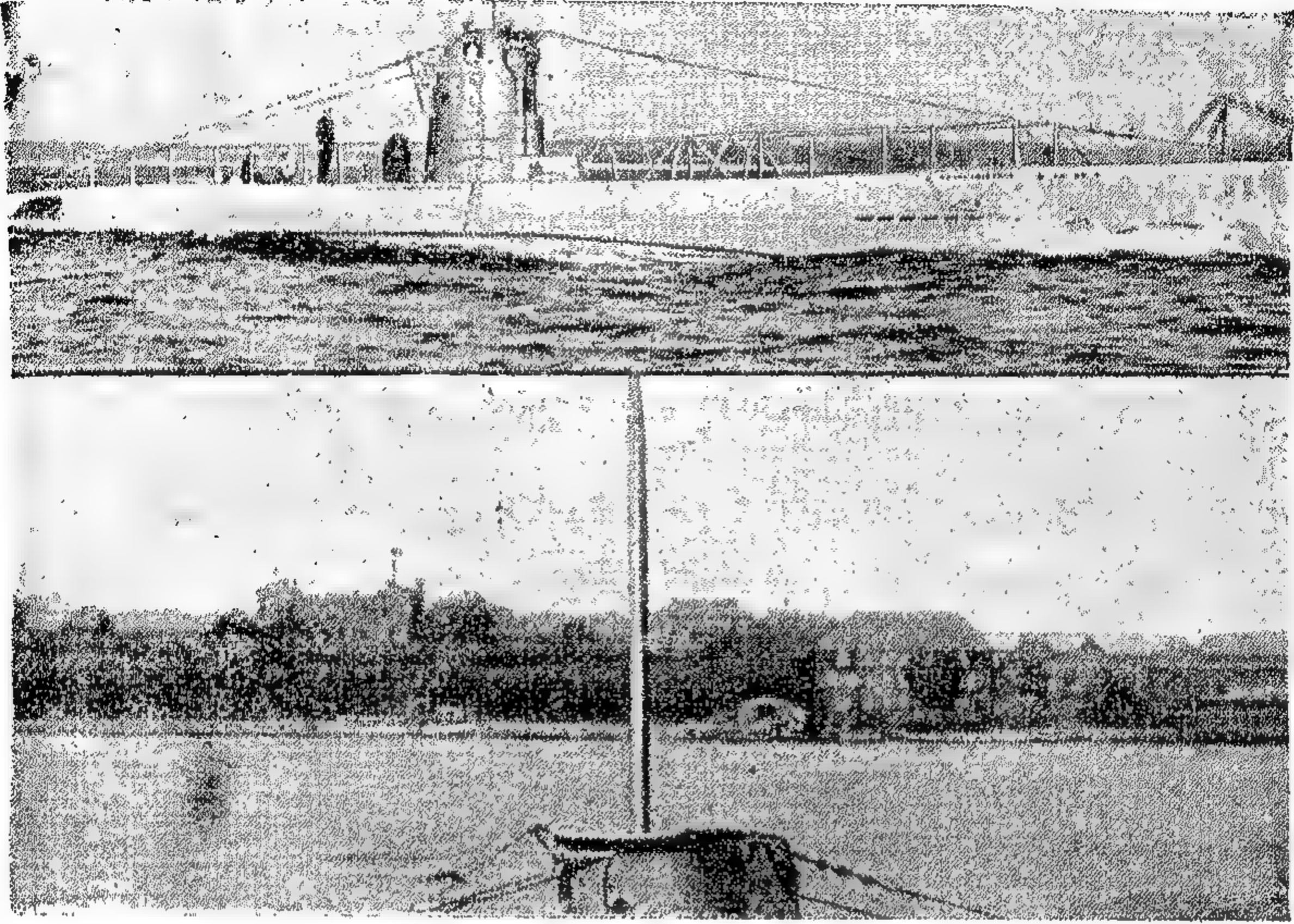
وبذل المخترعون جهوداً أخرى في بناء الغواصات ، ولكنهم لم يجدوا التشجيع الكافي . وكانت بعض هذه الغواصات الأولى تسير تحت الماء بالمجاديف ، وبعضها بمحركات تديرها الأيدي والأرجل . واخترع الأمريكي الشهير روبرت فانتون ، وهو الذي اخترع أول سفينة بخارية أمريكية ، غواصة يشبه هيكلها الغواصة الحديثة أي كالسيجارة ، لها محرك يدار بالأيدي ، وغاص بها في برست ورفقته ثلاثة رجال إلى عمق خمس وعشرين قدماً تحت الماء ، واستطاع أن ينسف سفينة عميقة . وغاص مرة أخرى في نهر السين وصحبه رجلان وظلا تحت الماء عشرين دقيقة . ثم غاص وحده تحت الماء وظل ساعات متواليات بعد أن حمل قاربه هواء مضغوطاً . وقدم اختراعه هذا لفرنسا وإنجلترا وأمريكا ولكنه قوبل بالرفض من الجميع .

وفكر أمريكي آخر سنة ١٨٢١ هو الكابتن جونسون في أن ينقذ نابليون من أسره في جزيرة القديسة هيلانة . وأنشأ لذلك غواصة طولها مائة قدم . ولكن نابليون وافاه أجله قبل أن تعد هذه الغواصة للسفر . أما الغواصة التي استعملها الأمريكيون في حرب الاستقلال لنسف السفن البريطانية فقد اخترعها بوشنل الأمريكي ، وكانت تسمى « سلحفاة » وهي عبارة عن قارب صغير لا يسع إلا شخصاً واحداً . ومن الغريب أن هذا الرجل هو الذي اخترع ما يسمى « عمود الأمن » الذي يطلقه عند اللزوم إذا ما أصاب الغواصة عطب . وقد أخذ الفرنسيون والأمريكيون عنه هذه الفكرة لما بدأوا يصنعون الغواصات بعد ذلك . ولكن استعمال « السلاحف » هذه في نسف السفن كان يعرضها هي وراكبيها للخطر فتنسف مع السفينة المنسوفة .

واخترع مهندس سويدي غواصة تسيرها آلة بخارية . ومعقول أن تسير غواصة على سطح الماء بالآلة البخارية ، ولكن كيف تسنى له أن يسير بها في جوف الماء ؟ كان حينها يبدأ الغوص يطفئ النار معتمداً على ما تبقى من البخار في المرجل وتوابعه . ومعنى هذا بالطبع أنه لا يستطيع السفر طويلاً تحت الماء ، إلا أنه مع ذلك كان أول من سير سفينة تحت الماء بوساطة آلة محركة .

وبدأ الفرنسيون سنة ١٨٨٩ يبتكرون غواصات يمكن الإعتماد عليها . ومن حسن الحظ أن المحركات الكهربية كانت قد اخترعت إذ ذاك فساعدت في هذا السبيل مساعدة عظيمة ، ولقد مر بنا كيف أن المحركات الكهربية يمكن أن تدار بالبطاريات التي لا تحتاج إلى هواء كما تحتاج الآلات الأخرى . وكانت أولى الغواصات الفرنسية في حجم القارب العادي الصغير ، وتسع رجلين أو ثلاثة على الأكثر . ثم بدأ لهم وجوب تكبير حجم الغواصة فمضوا يكبرون الحجم يوماً بعد يوم حتى بلغ طول الواحدة منها مائة قدم . واستطاعت غواصة فرنسية أن تقترب من سفينة فرنسية حربية كبيرة ، وأن تربط بأسفلها لغماً غير محمل بالبارود على غرة من بحارة هذه السفينة .

وبينما كان الفرنسيون ينشئون هذه الغواصات التجريبية كان الأمريكيون من جهة أخرى ماضين في سبيلهم يحجرون تجارب في هذا الصدد . ولم يقل نجاحهم فيها عن



(شكل ١١٣) صورتان التقطتا في ميناء كييل للغواصة الألمانية رقم ٨
وهي أحدث وأعظم الغواصات الألمانية

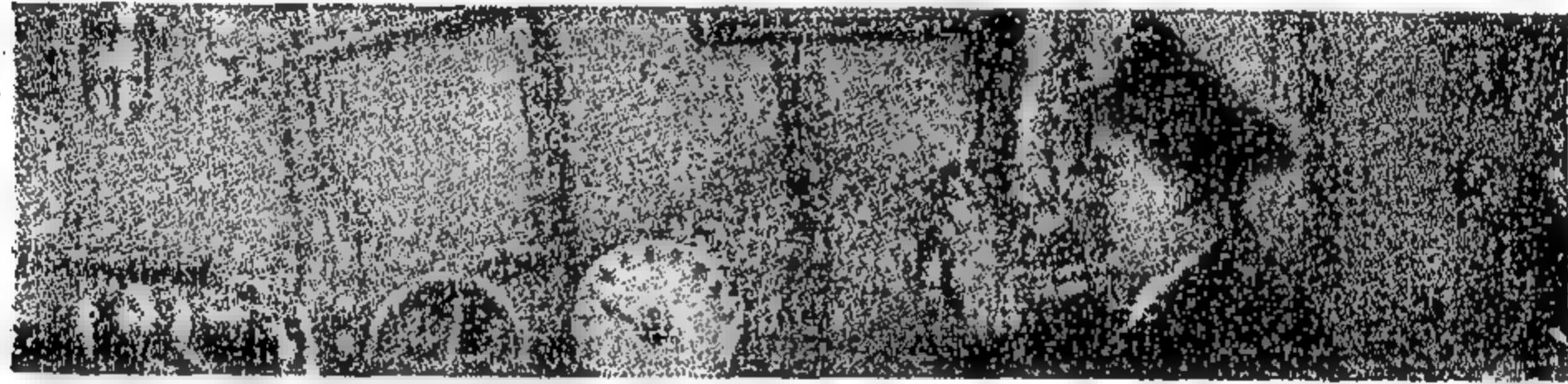
نجاح زملائهم الفرنسيين . ولما رأى الانجليز أن الغواصات قد وصلت إلى هذا الطور
العملي بدأوا هم أيضاً ينشئون الغواصات محتذين السبيل عينه . وفي ذلك الوقت اخترع
« برج الدخول » وهو عبارة عن قبة قطرها قدمان وارتفاعها قدم ونصف قدم ، منها
يدخل البحارة إلى جوف السفينة . ثم تدرج هذا البرج حتى صار البحارة يصعدون
إليه على سلم .

ونحن إذ نرقب غواصة سائرة على سطح الماء نراها تبدو لنا كأنها سحابة من رشاش
أبيض تتحرك بسرعة على السطح . وإذا ما تساق جميع رجالها البرج وهبطوا منه إلى
الداخل فإن غطاءه أو قبته تقفل بإحكام ، ثم تمرق الغواصة إلى الأمام وبعدئذ تهبط في
الماء وتنغمر فيه فلا يظهر منها إلا برجها . فكيف غاصت في الماء ؟ إنها غاصت عن طريق
تثقيل جسمها ، وذلك بملء صهاريج فيها بماء البحر بوساطة مضخات خاصة ، فيثقل وزنها
وتغيطس في الماء . ويقف كل رجل من رجالها في مكانه المعين له ، ويبقى فيه ما دامت
الغواصة في جوف الماء . ويظل البحارة بجوار المضخات على استعداد لملء الصهاريج بماء

البحر لتكبير ثقل الغواصة حتى تهوى إلى العمق المطلوب . . ويقف بعض البحارة بجوار المحركات الكهربائية التي تسير الغواصة تحت الماء فكأنما هي ممكة كبيرة الجرم . ويلازم بعض البحارة الأنايب التي تنطلق منها قذائف التوربيدو المدمرة لكي يطلقوها عند اللازم .

جولة في غواصة أثناء الحرب

ولنفرض أننا الآن داخل غواصة في جوف البحر . فهل نتوقع أن يكتنفنا السكون من كل جانب ؟ كلا بل يكاد الركاب لا يسمعون شيئاً من فرط جلبة الآلات . وكل فرد منهم منتبه لعمله يؤدي على الفور كل ما يؤمر به . ولا يرى أحد منهم ما يحدث عند السطح إلا الضابط الذي يجلس عند المنظار يقود الغواصة .



(شكل ١١٤) ضابط الغواصة ينظر خلال منظاره المسمى عين الغواصة

وقد تسألني عن قفص الجرذان البيضاء الذي يوضع بمجرذانه عادة في قلب الغواصة ، فأقول لك إنه الآن غير موجود . فالبحارة في الواقع كانوا يأخذون معهم هذه الجرذان لأنها أسرع من الإنسان في إدراك وجود الغازات أو الأبخرة السامة أو التي لا تساعد على التنفس . فإذا ما بدأت هذه الجرذان صئها عرف البحارة أن الوقت قد آن للصعود إلى السطح لتجديد الهواء . أما اليوم فقد استبعدت هذه الجرذان لأن الغواصات أصبحت مجهزة أدق تجهيز ، وفيها من سبل الوقاية ما لا يصح أن يذكر بجانبه وجود الجرذان . هوت الغواصة إلى جوف الماء ، وكل في مكان عمله لا يدري مصيره ، يأتمر الكل بأمر الضابط الموكل إليه أمر المنظار ويظلون تحت رحمة . فهو الذي يقرر متى يصعدون إلى السطح آمنين وإلى متى يظلون مخنفين عن الأنظار . وتسير الغواصة في منطقة الحرب آمنة مطمئنة إلى أن يرى الضابط عوامة حمراء تعدو وراء الغواصة ، وتلازمها أنى سارت .

فإذا ما رآها تتبعه أينما اتجه يدرك على الفور أن الغواصة قد أمسكت بسلسلة هذه العوامة .
ثم يلاحظ أن ثمت باخرة تعدو في أثر العوامة ، فيذهب إلى جهاز إدراك الأصوات فيسمع
أصوات قاذفات التوربيدو وهي تقترب من غواصته تريد اقتناصها أو إغراقها . ثم يعود
إلى منظاره فيرى خمساً من هذه القاذفات تحيط بالغواصة من علي ، فيصدر أمره إلى
البحارة لكي يملأوا الصهاريج ، فتهدى الغواصة إلى منسوب أعق .



(شكل ١١٥) ما يراه الضابط وقد أطلقت غواصته
قذيفة على باخرة فأغرقتها

ثم إذا بركب الغواصة
يشعرون أنها تندفع بهم إلى الأمام
ثم تعود إلى الوراء بشكل غريب .
فيدهشون لذلك لأنه لو جاز عند
سطح الماء فهو لا يجوز في الأعماق .
ولكن ذلك يدل على أن شبكة
من شبك العبدو قد اقتنصت
الغواصة . فهل يسلم الضابط دون
دفاع أو أية محاولة ؟ كلا . إنه قد
يمكث ساعة أو أكثر وهو يهرز
الشبكة هزاً عنيفاً لكي يفلت منها ،
ولكنها مصنوعة من صلب متين ،

وإذن فلا بد من زيادة ثقل الغواصة إلى أكبر حد ممكن أملاً في تفكك الشبكة فتفلت
الغواصة منها . وتبدأ المضخات عملها فتملأ الصهاريج . وما هي إلا فترة بعدها تشعر
الغواصة بهزة عنيفة فجائية ترجها رجاً ، فيعرف ركبها أنها قد أفلتت من الشبكة وأنهم
صاروا أحراراً مرة أخرى .

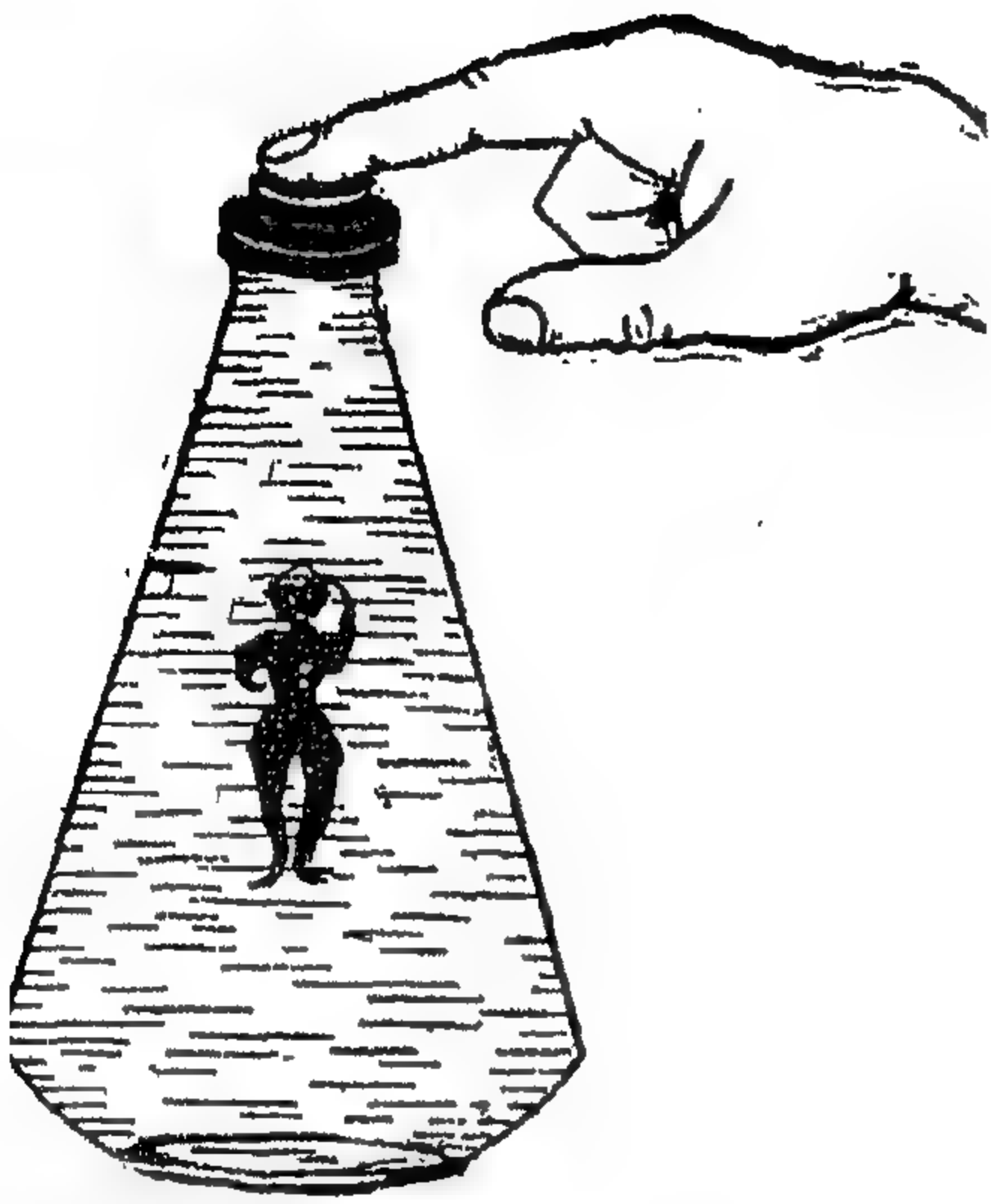
وفي خلال هذا الكفاح أو تلك المعركة تختل البوصلة والأجهزة الأخرى فيعيدها
البحارة إلى حالتها الأولى ، وتبقى الغواصة في جوف الماء حتى يتأكد الضابط القائد من
زوال الخطر فيصدر أمره بالصعود إلى السطح . وعندئذ يبدأ البحارة في تفريغ الصهاريج

بالتدريج وفي غير ضجة حتى لا تلتفت إليهم أنظار العدو المهاجم المطارد الذي قد يكون قريباً منهم ، وإلا اضطروا للغوص مرة أخرى والأسير تحت الماء حتى يبتعدوا عن منطقة الخطر .

في خصائص الغواصات

قد يسأل سائل هل تستطيع الغواصة أن تصعد إلى السطح من الأعماق في حالة ما لو تلفت المضخات ؟ والجواب أن الغواصة في هذا الصدد لا تعتمد على المضخات وحدها لتفريغ الصهاريج . فالمضخات تستخدم في إرغام ماء البحر على الدخول في الصهاريج ، ولكن في كل غواصة مقداراً كبيراً من الهواء المضغوط المخزون ، وهذا هو الذي يستطيع بسهولة أن يرغم الماء على الخروج .

ولتقريب ذلك إلى الفهم نتقدم بتلك اللعبة القديمة المعروفة وهي لعبة الغواص الزجاجي الذي يسبح في قارورة مملوءة ماء ، وفوهة هذه القارورة مغطاة بقطعة من المطاط المتين تمنع هذا الغواص السجين من مغادرة الماء . ولكن كيف استطاع هذا الغواص أن يعتدل في وقفته ؟ ذلك لأنه مجوف ولأن قليلاً من الماء يستقر في جوفه فيجعل قدميه تتجهان إلى أسفل . ولئن ضغطت بإصبعك على قطعة المطاط هذه رأيت الرجل يهبط حتى يصل إلى قرار القارورة . ومتى ما رفعت إصبعك ارتفع الرجل أيضاً . وتستطيع أن تجعل الرجل يهبط إلى أي عمق تريده ، وذلك بتغيير مقدار ضغط الإصبع . ولكن ما علاقة هذا كله بالغواصات ؟ علاقة ذلك أن القاعدة التي على مقتضاها يهبط هذا الرجل أو يعلو هي نفس القاعدة التي على مقتضاها تهبط الغواصة أو تعلو . فالذي يحدث للرجل عند ما تضغط بيدك الغطاء المطاطي هو أنك تدفع ببعض الماء إلى الدخول في جوفه من خلال ثقب صغير جداً فيه . فإذا ما دخل الماء في جوفه ثقل وزنه وغطس . ولما كان هذا الرجل الزجاجي الأجوف مملوءاً بالهواء ، فإن الماء يضغط هذا الهواء فيقل حيزه مخلياً الطريق للماء ، وذلك عند ضغط الإصبع . وعند رفع الإصبع يقل الضغط على المطاط ، ثم على الماء والهواء المحبوس ، فيدفع هذا الهواء المحبوس الماء الذي دخل في جوف الرجل إلى الخروج ، وبذلك يستعيد خفة وزنه الأولى فيرتفع إلى السطح .



(شكل ١١٦) لعبة الرجل الزجاجي

وأما في الغواصة فنحن ندفع الماء إلى الصهاريج بواسطة المضخات فتغوص في الماء ، فإذا أريد رفعها إلى السطح فكل ما يصنعه بحارتها أن يفتحوا صمامات خاصة تصل الهواء المضغوط بالصهاريج ، فيدفع هذا الهواء المضغوط الماء إلى خارجها وترتفع الغواصة من ثم .

وقد يسأل سائل كيف يعرف قائد الغواصة العمق الذي هوت إليه غواصته ، فنقول له إن هذا سهل إدراكه عن طريق مقياس ضغط أو مانومتر . فالسطح

الخالص لهذا المقياس يتصل بماء البحر ، وكلما تعمقت الغواصة زاد ضغط الماء عليه . وعلى ذلك يرغم بعض الماء على الدخول في هذا المقياس . وتتساوى الضغوط عند الأعماق المتساوية . والمقياس مدرج ، ومن نظرة واحدة إلى موضع سطح الماء في المقياس يستطيع القائد أن يعرف بالضبط العمق الذي هوت إليه غواصته في جوف الماء . ولهذا المقياس ميناء مدرجة وعقرب يتحرك بحسب ارتفاع الماء وانخفاضه في المقياس .

وقد يسأل آخر كيف يتمكن القائد من المحافظة على اعتدال غواصته في وضع أفقي تحت الماء . والواقع أن هناك بندولا هو الذي يساعد على ضبط الغواصة في الوضع الصحيح . فإذا ارتفع مقدم الغواصة إلى أعلى قليلا فإن ثقل البندول يميل ناحية مؤخرتها ، والعكس بالعكس . أما إذا كان البندول مستقيما الوضع عموديا على سطح الغواصة فإنها عندئذ تكون في وضعها الصحيح المعتدل . ولكن هب أن قائد الغواصة رآها قد ارتفعت أو انخفضت بمقدورها فكيف يعيدها إلى الوضع الصحيح ؟ إن لديه فيها دفتين على الجانبين من ناحية المؤخرة ، وهاتان الدفتان تنبثقان من الجانبين في اتجاه أفقي ، وهما غير رأسيين كالدفة العادية . فبتحريك هاتين الدفتين يستطيع القائد أن يجعل الغواصة تعلو أو تنخفض من جهة

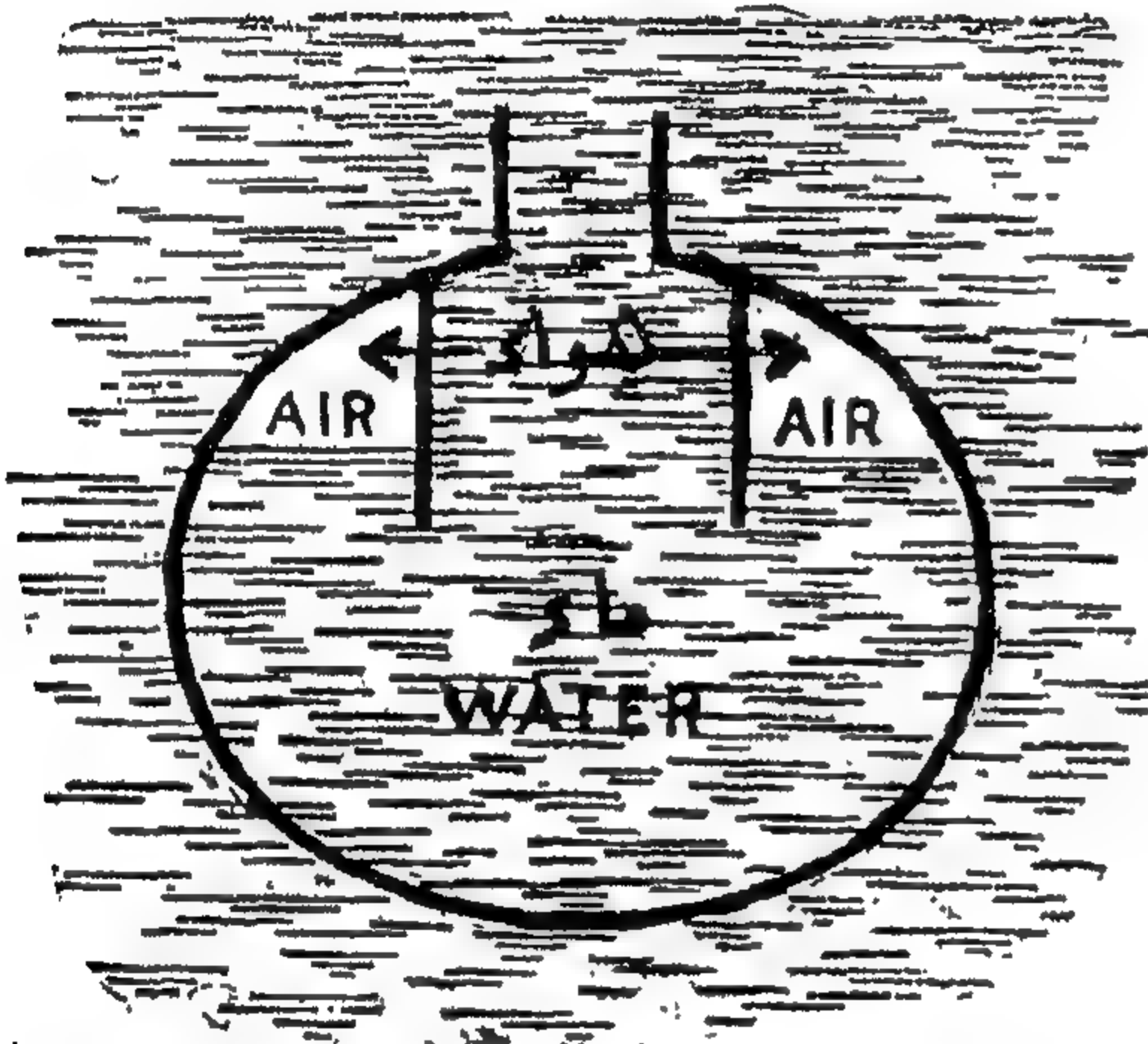
المقدمة حسب الإرادة ، وبهاتين الدفتين ومراعاة البندول يستطيع القائد أن يجعل الغواصة في الوضع الذي يريده مهما كانت غائرة تحت سطح الماء .

بعد هذا نعود إلى ما يقذف إلى خارجها من قذائف التوربيدو المدسرة ، فكيف تخرج منها هذه القذائف وهي تحت الماء دون أن يندفع الماء إلى جوفها ؟ الواقع أنه توجد على جانبي الغواصة أنابيب لقذف التوربيدو . ولكل أنبوبة من هذه الأنابيب بابان محكمة واحد عند كل طرف ، فبعد أن تعد الغواصة في الوضع المناسب للقذف يفتح الباب الداخلي ويبقى الخارجي مغلقاً ، ثم توضع القذيفة في الأنبوبة وبعدئذ يغلق الباب الداخلي ويفتح الخارجي ثم تطلق القذيفة .

أما مسألة التنفس فنحن نعرف أن الغواص وهو في لباس الغوص يحصل على إيراد منتظم من الهواء الوارد إليه من السطح . وهذا الهواء يضخ إليه من قارب بواسطة مضخة هواء خلال أنابيب من المطاط تصل الغواص بالمضخة . وظاهر أن هذا غير ميسور مع الغواصة ، لأن الأساس فيها أن تكون مستقلة عن أية سفينة أخرى ، وأن تقترب من سفن العدو دون أن يراها أحد ولذلك فإن الهواء يخزن في أوان خاصة يسحبونه منها عند اللزوم . وهم لا يفتحون صمامات لكي يصل الهواء إليهم بل توجد أنابيب ذات صمامات يخرج الهواء منها إليهم باستمرار . وهذا وحده يكفي لمدهم بالهواء اللازم للتنفس . ولا يخزن الأكسجين في الأسطوانات بدلا من الهواء لأن استنشاق الأكسجين يزيد في نشاط مستنشقه ، وقد يشيره . والمفروض في بحارة الغواصة أن يظلوا هادئين وادعين .

وهل يستطيع البحارة أن يتخلصوا من الغواصة إذا حدث أن أصابها عطب فغرقت ؟ والجواب أنه يمكن إنقاذهم في بعض الحالات . ولكن إذا حدث أن غرقت الغواصة في مكان عميق فإن الأمل في إنقاذهم ينعدم . وقد اخترعت وسيلة للإنقاذ في الحالات الممكنة وجربت في أحواض التجارب البحرية . وذلك أن توضع غواصة في أسفل الحوض تسمى « الغواصة الخرساء » وفيها يقوم البحارة بإجراء التجارب . فيلبس البحارة كمامة وصدرية خاصتين بالغوص ، ثم يفتح برج الدخول ويرتفع سابحا إلى سطحه . ولكن قد يعترض معترض بأن الماء يندفع إلى الغواصة فيملؤها فلا يجيد البحار هواء يستنشقه

وقد يحدث هذا حقيقة، إلا إذا وجد بالبحار الهواء اللازم له في الغواصة المعطوبة . وهذا ينحصر في جهتين منها وتكون الغواصة كالكوب المنكس في الماء والذي فيه بعض الهواء ، والواقع أنه إذا حدث ثقب في أعلى الغواصة فإن الماء يندفع إلى داخلها وتحبس في بعض جهاتها مقادير من الهواء . ففي هذه الأجزاء التي يحبس الهواء فيها توضع كمادة الغوص وصدريته . ولا يخفى أن في الكمادة بعض المواد الكيميائية التي تخرج الأكسجين . فإذا ما انتهى البحار إلى ذلك سعى لكي يخرج من الغواصة خلال الفتحة . فإذا ما خرج طفا حتى بلغ السطح ونجا .



(شكل ١١٧) كيف يحبس الهواء في غواصته

والغواصة ما دامت معلقة في الماء فهي لا تقف في مكان ، وإلا فإنها ترتفع إلى السطح . ولا يمكنها أن تقف تحت الماء إلا إذا أدركت القاع فاستقرت عنده . وهي قد تقف عند أي عمق ولكن عن طريق المرساة . وهذا صعب بلوغه . وفي بعض الغواصات تربط أجسام تسمى « قرينة الأمن »

وهذه يمكن إطلاقها في حالة حدوث حادث ، فتستطيع الغواصة أن ترتفع إلى السطح ، وذلك في حالة تعذر طرد الماء المتخذ كصابورة .

وأما سرعة الغواصة فواضح أنها عند السطح تكون أكبر منها في جوف الماء ، لأن الغواصة في الحالة الأولى تسير بالآلات البترولية ، أما تحت الماء فتعتمد في حركتها على البطاريات الكهربائية التي تدير المحركات الكهربائية . وتبلغ السرعة عند السطح عشرين ميلا في الساعة ، أما في جوف الماء فلا يمكن أن تزيد عن نصف هذه السرعة . وأطول مسافة تستطيع الغواصة قطعها وهي سائرة بأكبر سرعة ثلاثة آلاف ميل ، ولكنها تستطيع أن تقطع ضعف هذه المسافة لو أنها سارت بسرعة منخفضة . وذلك

لأنه كلما زادت السرعة كان الوقود المستهلك أكثر .

ولم تعد صناعة الغواصات بعد ذلك عقدة من العقد المستعصية ، فقد أصبح بناؤها ميسوراً جداً ، وإعدادها ميسوراً أيضاً . وإنما عقدة العقد في المستقبل هي كيف تتقي الغواصات في الحروب وكيف تصد عن الهجوم . على أنه لو تغلبت الإنسانية على ميول الشر جميعها أصبحت الغواصة أداة نفع عظيم لا مجلبة لشر مستطير .

الفصل الحادى والعشرون

المحركات الشمسية

وقف اثنان يوماً يرقبان قطاراً سائراً من قطر السكة الحديدية فسأل أحدهما زميله :

قال « وما الذى يحرك القطار ؟ » فأجابه « القاطرة » .

قال « وما الذى يحرك القاطرة ؟ » فأجابه « البخار » .

قال « وما الذى يحدث البخار ؟ » فأجابه « الفحم » .

قال « وما الذى يحدث الفحم ؟ » فأجابه « الشمس » .

والواقع إن أشعة الشمس « المعبأة » التى تحرك القاطرة قد خزنت منذ ملايين السنين فى الغابات الكثيفة التى كانت تغطى سطح الأرض فى ذلك الوقت . وأشعة الشمس هى التى تبنى كل يوم منسوج النبات ، وهى التى تنميه . ومن التغيرات الجيولوجية التى عمت الأرض فى القديم وقف هذا النمو فى بعض الجهات ، وانسحقت المزروعات من كثرة التكدس ، وتحولت إلى حفريات من جراء الضغوط الشديدة الحادثة من تراكم الصخور وغيرها من أنواع الردم . ونحن اليوم نرى « بالماس الأسود » فى الأفران والوجاقات نطلب الحرارة والقوة . وذلك تراث ورثناه من قديم الزمان ، من يوم أن نزع الإنسان الأول إلى إيقاد النار بجاهلا مصدرها الحقيقى .

ونحن نرى تأثير الشمس بشكل مباشر ظاهر فى حركات الرياح والماء . وإذا لم تكن الشمس هى التى بتأثيرها الحرارى تصنع لنا البرد والثلج ، وتلقى بالمطر على النجود والجبال فى جميع أنحاء العالم ، لما رأينا مساقط للمياه ولا سيولا متدفقة ولا أنهاراً ولا نهيرات يجرى ماؤها فينتعش به الحيوان والنبات والإنسان . ولولا أن الشمس تسخن الجو أيضاً بدرجات مختلفة لما كان هناك نسيم للبر ولا للبحر ، أى لما حل الهواء البارد العليل محل الهواء الساخن اللافتح .

إنما نحن نقيم الشمس في خدمتنا حينما نحرق الوقود ، ولكن بطريق غير مباشر .
وعدا هذا فإن الطواحين الهوائية والمائية قد اتخذت من الشمس خادما طيبة . ولقد قام في
السنين الأخيرة جماعة من العلماء حذرونا مغبة الإسراف في استعمال الفحم كوقود منذرين
بأنه لا بد من يوم ينضب فيه معين هذا الفحم بعد زمن محدود قد يبلغ قرونا ، فلا يملك
أبناءؤنا في الأجيال القادمة شيئا من ذلك التراث الذي أضعناه ، والذي لعب دورا هاما في
الحياة . على أنه ليس هناك ما يضير الخلف من نقاد الفحم فإن في الرياح والأنهار ، وفي
الشمس نفسها ، المدد المطلوب متى ما أحسن استخدامها . ولا تتطلب الشمس اليوم مجوسا
يعبدونها بل تتطلب علماء موهوبين يستثمرونها .

لمس بيدك جسما تعرض لحر الشمس صيفاً أو شتاء تشعر على الفور بالحرارة ، أو ركز
حزمة من أشعة الشمس واستثبتها في نقطة بعدسة لامة فوق يدك فسرعان ما تسحبها من
فرط ما تشعر به من الحرارة . وكلنا نعلم كيف تستخدم أمثال هذه العدسات في إيقاد
سيمجارة أو حرق ورقة أو قطعة من الخشب . ثم تصور بعدئذ أن لديك عدسة يبلغ قطرها
عدة أقدام تركز لك أشعة الشمس في نقطة وضعت فيها مرجلا (قزانا) فإن هذا المرجل
يسخن ويتحول ماؤه إلى بخار . وقد يقاد هذا البخار إلى أسطوانات ويرغم على
أداء عمل ما .

وهل نستطيع نحن أن نقدر تلك الطاقة الشمسية العظيمة المنبعثة لنا من الشمس في
يوم من أيام الصيف القائط ؟ لقد قدرت الحرارة الساقطة في المناطق الحارة على القدم الرابع
الواحد من سطح الأرض بأنها تعدل ثلث حصان بخارى ، وعلى ذلك تكون القدرة
المستمدة من أشعة الشمس الواقعة على ميل مربع أكبر كثيراً من القوة المستمدة من شلال
كشلال نياجارا . وقد يمكن تسيير باخرة بالحرارة التي تتلقاها من الشمس على سطحها
لو أمكن تهيئتها بالكيفية المناسبة .

أول آلة شمسية

ولقد حاول المخترعون منذ قرون أن يستخدموا هذه القوة الهائلة الضائعة عبثاً . وقد

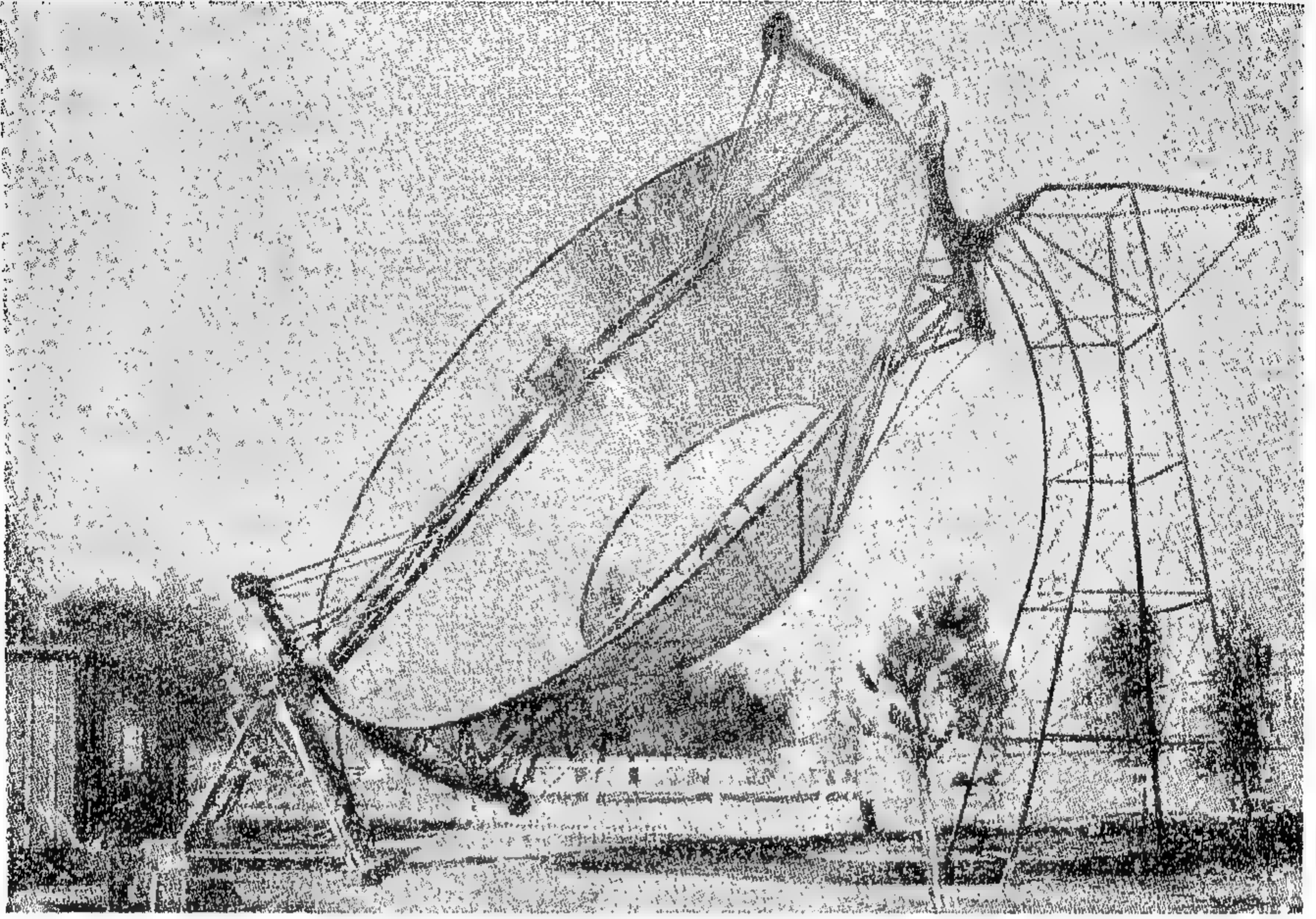
سبق أن ذكرت في الفصل الأول عند الكلام على العالم أرشميدس ما رواه الزواة عنه من أنه أحرق السفن الرومانية التي حاصرت بلدة سرقوسة ، وذلك بتركيز حرارة الشمس الساقطة على مئات من المرايا ثم تسليط الأشعة بعد انعكاسها منها على السفن . وقد يكون فيما رواه الراون في هذا الصدد شيء من المبالغة ، ولكن الرواية تظهر في جلاء أن الأقدمين قد تنبهوا إلى قوة الشمس الحرارية وأرادوا الانتفاع بها .

على أن أول آلة شمسية عظيمة ظهرت في الوجود كانت من اختراع رجل إنجليزي يدعى أريكسون ، فقد ركز حرارة الشمس على مرجل بخارى ، فأعطى ما يعادل قدرة حصان لكل مائة قدم مربعة من المرايا العاكسة المركزة المستخدمة ، ولكن هذه الآلة لم تبلغ من الجودة الحد المرجو لتسرب مقدار كبير من الحرارة .

المحرك الشمسي

وأما في أمريكا ، وعلى الأخص في الأصقاع الحارة التي ينذر فيها وجود الوقود ، والتي إليها ترسل الشمس أشعتها الكثيفة طوال أيام السنة ، فقد أقيمت قنصات للأشعة من نماذج مختلفة وأسفر استخدامها عن نجاح عظيم . فقد ابتنى الدكتور وليم كالفر ، وهو من واشنطن ، في صحارى أريزونا إطارات ضخمة تحمل مرايا عظيمة . وهذه الإطارات تتحرك على قضبان دائرية لكي تظل المرايا موجهة للشمس طيلة النهار من الشروق إلى الغروب . وبلغ عدد هذه المرايا ألفاً وستمائة . وتعطى كل مرآة منها عند نقطة التركيز من الحرارة ما يرفع درجة حرارة جرام الماء إلى ما بين ١٠ درجات و ١٥ درجة فهرنهايتية . وبعملية حسابية بسيطة يتضح لك أن الجهود المشتركة لهذه المرايا العاكسة المجمعة من الحرارة ما يرفع الدرجة إلى ما بين ١٦٠٠٠ درجة و ٢٤٠٠٠ درجة ، مع أن أكبر درجة حرارية معروفة وصل الإنسان إليها هي درجة حرارة القوس الكهربائي التي تبلغ نحو ستة آلاف على مقياس فهرنهايت .

ومن ثم كان التأثير المشترك لهذه المرايا المحرقة شديدا لا يقاوم . فهي تستطيع في لحظة أن تصهر الحديد وتجعله ليناً كالشمع السائل ، بل تستطيع أن تحرق الطوب الأخضر



(شكل ١١٨) المحرك الشمسي المستعمل في كاليفورنيا بأمریکا وهو
يشغل مضخة ترفع من الماء في الدقيقة ١٤٠٠ جالون

فتحويله طوباً أحمر في وقت أقصر من وقت القمائن العادية بعشرين مرة ، وهذا عدا ما يكسبه الطوب من متانة تعجز البناء عند الكسر ، ومن صلابة تكشف أشد أنواع الصلب .

وفي كاليفورنيا توجد محركات شمسية من طراز آخر . ليتصور القارىء قصعة كبيرة مخروطية الشكل وضعت فيها ١٨٠٠ صرأة طول الواحدة منها ثلاثة أقدام وعرضها قدمان ، وقد أعدت هذه القصعة بحيث تواجه الشمس باستمرار كلما تحركت الشمس وذلك بآلة ميكانيكية خاصة . ووضع عند بؤرة المرايا مرجل يبلغ طوله ثلاثة عشر قدماً ونصف قدم ، وقد دهن هذا المرجل بمادة سوداء لكي يمتص الحرارة . وهو يسع مائة جالون من الماء ، ويُغذى باستمرار بالماء بجهاز تلقائي (أوتوماتيكي) لكي يتصاعد البخار منه باستمرار طيلة اليوم . ويوجه البخار خلال أنابيب إلى آلة مسلطة على مضخة مائية ترفع في الدقيقة الواحدة ١٤٠٠ جالون من الماء . وهذه المضخة تشغل الآن بنجاح .

والجهاز رخيص جداً إذا روعيت الفائدة الناجمة منه ، والمنتظر أن يتم استعمال المحركات الشمسية في البلاد التي تتعرض باستمرار لأشعتها المحرقة كصعيد مصر ، فتصبح كالطواحين الهوائية ومداخل المصانع . وبانضمام القوة التي يمكن توليدها من مساقط المياه في أسوان مثلاً إلى قوة المحركات الشمسية الممكن تشييدها هناك نستطيع الحصول على إيراد وافر من القوة الكهربائية التي يمكن استخدامها في أغراض كثيرة . ولما كانت الحرارة الساقطة على مساحة مساحتها لا تتعدى بضع ياردات مربعة ترفع ١٠٠٠٠٠ جالون من الماء تقريباً في الساعة فإن الأمل كبير في استصلاح الصحارى في حالة ما إذا كان الماء الموجود في بطن الأرض في هذه الصحارى كثيراً كأشعة الشمس . وتأثير الماء في الأرض القاحلة عظيم . وقد استصلاح الفرنسيون في بلاد الجزائر ألاف الأميال المربعة من الأرض الجرداء عن طريق الري العلمى . أما في أستراليا فقد حولت الآبار الكثيرة التي حفرت فيها ملايين الأفدنة من صحارها إلى أرض زراعية صالحة للزراع والاستثمار والسكنى .

ولا يحتاج الأمر في الواقع إلا إلى تسخير حرارة الشمس في إيصال الماء إلى الجهات التي حرمتها هذه الشمس عينها من الماء زمناً طويلاً ، والحرك الشمسى الآن في بداية أمره ولا نستطيع أن نتكهن بما سيكون له من أثر في مستقبل المدنية مع أنه مبنى على قاعدة علمية بسيطة واضحة . ولا نكون مغالين إذا قلنا إنه سيكون في المستقبل القريب مزاحمة شديدة الخطر للفحم والبتروول . على أنه يجدر بنا أن نذكر أن إخراج الفحم أو البتروول من بطن الأرض ثم تحويله إلى حرارة فيه تطويل للطريق بخلاف استخدام أشعة الشمس مباشرة ، إذ أن استخدامها يختصر الطريق .

وعلى ذلك فليس عمل الشمس قاصراً على ضبط حركات أفراد المجموعة الشمسية ، بل إنها تساعد الحيوان والنبات على الحياة ، وتساعد الإنسان أيضاً حتى في شؤون الحياة . ولا عجب في ذلك أليست هى الأم التي ولدت الأرض وما عليها ؟ .

« انتهى »

تأليف

أحمد فهد أبو الخير

عجائب الفيزياء

علم وقصص

نال هذا الكتاب جائزة مالية من وزارة المعارف العمومية في المباراة العامة لتشجيع الانتاج الفكرى بين المدرسين لعام ١٩٣٨ — ١٩٣٩ المدرسى . وهو الأول من نوعه . ويتضمن حقائق « علم الطبيعة » مبسطة كل التبسيط . وهو للطالب وغير الطالب علم ومتمعة . خال من التعقيدات الرياضية . تقرأه وكأنك تقرأ قصة فتخرج منه بخلاصة وافية لقواعد « علم الطبيعة » الذى يدرس فى المدارس والجامعات . والكتاب مزين بصور كثيرة وثمنه ٢٥ قرشاً والبريد ٣ قروش

الفيزياء الحديثة

حاضرها ومستقبلها

كتاب هو الأول من نوعه فى بسط نظريات العلم الحديث فى غير تعمق ولا تبذل . يقدم لفارثه دنا جديدة فى الذرات وفى النجوم ، ومعلومات شيقة عن الموجات الأثيرية ، والقوى الكامنة فى المادة ، وتبادل التحول بين المادة والطاقة ، وبناء البلورات ، والجاذبية والنسبية ، ونظرية الكم والميكانيكا الموجية . ويفسر المادة والحياة والعقل تفسيراً علمياً . ويدرس مسألة الزمن على ضوء كل من علمى الفيزياء والفلك . قالت عنه لجنة الفحص بوزارة المعارف « إن المعلومات الواردة فيه قد تناسب إدراك طلبة الجامعة المصرية الذين يدرسون مواد تتصل بعلم الطبيعة » . موضح بالصور والرسوم .

الثنى ٢٥ قرشاً صاغاً والبريد ٣ قروش . [تصدره قريباً لإدارة المقتطف]

يطلب هذان الكتابان من مكتبة النهضة المصرية بشارع المدابغ أمام جريدة الأهرام ومن المؤلف بمنزله رقم ٢٣ بشارع المختار بالروضة بمصر تليفون ٥٤٩٩٦

ترجمة

أحمد فهمي أبو النخير

على حافة العالم الأثيري

تأليف العلامة ج. آرثر فندراي رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن

أحدث هذا الكتاب ثورة في البيئات العلمية والدينية في أوروبا وعلى الأخص في إنجلترا . ترجم إلى عشرين لغة ، وطبع أكثر من أربعين طبعة عدا الطبعة الخاصة بالعميان . يحدثك عن عالم الروح وكيفية الاتصال به ، ويعينه لك في خريطة السكون . الحقائق المذكورة فيه مبنية على أحدث نظريات العلم الحديث . يثبت لك بشكل عملي أن الحياة خالدة ، وأن الموت ليس إلا ولادة لحياة جديدة أرق وأرقى ، وأن من نسميهم « موتى » نستطيع بتوافر شروط خاصة أن نراهم ونعاقبهم ونجلس إليهم ونتجاذب معهم أطراف الحديث ، ونصورهم بالفوتوغرافيا ونسجل أصواتهم ونصورهم على شريط سينمائي ناطق . الكتاب مزين بالصور والرسوم وثمنه ١٥ قرشاً صاغاً وأجرة البريد ٣ قروش

ظواهر حجرة تحضير الأرواح

تأليف الطبيب الدكتور ادوين فروريلك باورز

أستاذ الأمراض العصبية في جامعة مينيابوليس بالولايات المتحدة بأمريكا

جمع المؤلف في هذا الكتاب أم ما حدث من التجارب الروحية في العصر الحديث ، وأعاد من جديد تجارب التجسد التي كان أجرى مثلها سير وليم كروكس من كبار علماء الفيزيكا في القرن الماضي . والدكتور باورز كرجل طبي أجرى كشفاً طبياً بسماع الصدر (استيثوسكوب) على روح تجسد تجسداً كاملاً شمل الأسنان واللحاب ، وحلل الاكتوبلازم تحليلًا ميكروسكوبياً ، وكتب بنتيجة التحليل تقريراً أمضاه هو وطبيبان غيره . وقص خصلة من شعرو روح والدته وقد تجسدت ، وبعد انصرافها فحص الشعر فحصاً طبياً . والكتاب سلسلة من المفاجآت العلمية العملية المدهشة التي تحير الألباب ، وكلها مؤيدة من رجال مسئولين بين أطباء وغيرهم من أعضاء جمعيات البحوث النفسية بأمريكا وأوروبا . الثمن ٢٠ قرشاً صاغاً وأجرة البريد ٣ قروش

[تحت الطبع]

يطاب هذان الكتابان من مكتبة النهضة المصرية بشارع المداين أمام جريدة الأهرام ومن المترجم بمنزله رقم ٢٣ بشارع المختار بالروضة بمصر تليفون رقم ٥٤٩٩٦

كتب أخرى للمؤلف

بين تأليف وترجمة

أولاً — روايات قصصية :

المملوك المفقود سنة ١٩٢٦

الأميرة المصرية سنة ١٩٢٦

ثانياً — كتب علمية :

مذكرات التاريخ الطبيعى سنة ١٩٢٥

السينما توغراف وهندسته سنة ١٩٢٩

علوم العرب الرياضية وانتقالها إلى أوروبا سنة ١٩٣٠

هرم الجيزة الأكبر — مقاصده وعملياته البنائية سنة ١٩٣٠

حرب الغازات (محاضرة) سنة ١٩٣١

Bibliotheca Alexandrina



0428237